ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JANVIER 1903,

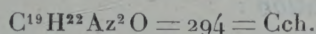
PRÉSIDENCE DE M. ALBERT GAUDRY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur les alcaloïdes du quinquina : cinchonine, cinchonidine et cinchonamine;* par MM. **Berthelot** et **Gaudechon**.

C. — CINCHONINE.


$C^{19}H^{22}Az^2O = 294 = Cch.$

« Cinchonine cristallisée, séchée à 105°.

» *Chaleur de combustion :* pour 1g : $8652^{cal},5$ (3 expériences).

» Pour le poids moléculaire : $2543^{Cal},3$ à volume constant; $2546^{Cal},2$ à pression constante.

» *Formation par les éléments :* $+4^{Cal},7$.

» Les formules brutes de la quinine et de la cinchonine diffèrent par les éléments $C + H^2 + O$. Mais la constitution de ces deux alcalis est trop mal connue pour qu'il soit possible d'établir entre eux un lien de genèse de quelque probabilité. En fait, leur chaleur de formation par les éléments diffère de

$$50^{Cal},5 - 4^{Cal},7 = 45^{Cal},2.$$

» Peut-être serait-il permis d'observer que la différence homologue CH^2 répond en général à une valeur voisine de 5^{Cal} à 6^{Cal} et que l'addition d'un atome d'oxygène, avec détermination d'une fonction alcoolique (substitution H par l'hydroxyle), par exemple la transformation d'un acide en acide alcool, dégage de 40^{Cal} à 45^{Cal} environ (1) : la somme de ces deux effets

---

(1) Thermochimie : *Données et lois numériques,* t. I, p. 641.

répond à un chiffre voisin de 50^{Cal}. De même l'addition de CH^2O à un alcool, avec adjonction d'une seconde fonction alcoolique, dégage en moyenne 52^{Cal} (1). Toutes ces valeurs sont voisines des 45^{Cal}, qui caractérisent la différence entre la cinchonine et la quinine. Ce sont là des indices, qui peuvent mettre sur la trace des relations constitutionnelles entre les deux alcaloïdes.

» Soit maintenant la saturation de la cinchonine par les acides.

» *États multiples de la cinchonine :*

Cch anhydre + SO^4H^2 étendu, à 17°,5 .... $+15^{Cal},9$

» La liqueur a été précipitée par 2KOH, et le précipité redissous ensuite dans SO^4H^2 étendu;

ce qui a fourni .... $+16^{Cal},2$,

valeur qui ne se distingue pas de la précédente. La cinchonine récemment précipitée aurait donc le même état que la cinchonine cristallisée.

» *Chaleur de neutralisation :*

» État dissous des sels.

» Chlorhydrate.

Cch + 2HCl étendu, à 12° .... $+13^{Cal},15$ (mesure directe)
Cch + HCl étendu .... $+7^{Cal},15$ (calculée)

» La dernière valeur calculée d'après les observations suivantes :

Cch, HCl solide + eau, à 11° .... $-2^{Cal},0$
» + HCl étendu .... $+4^{Cal},0$

» On a encore :

» *Hydrates :*

Cch, HCl + $2H^2O$ liq., à 11° = Cch, HCl, $2H^2O$ cristallisé .... $+1^{Cal},8$;

» D'après la différence des chaleurs de dissolution dans l'eau.

» *Sulfates :*

Cch + SO^4H^2 étendu, à 17°,5, sel dissous .... $+15^{Cal},9$
Cch + $\frac{1}{2}SO^4H^2$ étendu .... $+11^{Cal},35$

(1) Thermochimie : *Données et lois numériques*, t. I, p. 514.

Le premier nombre mesuré directement; le second calculé d'après les observations suivantes :

$Cch^2, SO^4H^2, 2H^2O$ cristallisé + eau, à 11° .... + $3^{Cal},36$
» + SO^4H^2 étendu .... + $12^{Cal},46$

d'où résulte

Cch^2, SO^4H^2 dissous + SO^4H^2 étendu .... + $9^{Cal},1$

c'est-à-dire

$Cch, \frac{1}{2}SO^4H^2$ dissous + $\frac{1}{2}SO^4H^2$ dissous .... + $4^{Cal},55$

» Comparons les valeurs relatives à la neutralisation de la cinchonine aux valeurs relatives à la quinine. Pour le chlorhydrate de quinine, dans l'état dissous, nous avons trouvé : 16,2 et 9,9; valeurs supérieures aux chiffres obtenus pour la cinchonine : 13,15 et 7,5; les excès étaient respectivement : 3,05 et 2,4.

» D'autre part, pour le sulfate de quinine, on a observé

$Qn + SO^4H^2$, à l'état dissous .... + $18^{Cal},7$

tandis qu'avec la cinchonine :

$Cch + SO^4H^2$ étendu .... + $15^{Cal},9$

l'écart + 2,8 correspond à celui des dichlorhydrates. Entre les deux sulfates de quinine, l'écart à l'état dissous n'a pas été mesuré; mais, entre les deux sulfates de cinchonine dissous, nous avons trouvé : $4^{Cal},55$, écart analogue à celui des deux chlorhydrates, 5,65.

» Tous ces résultats concordent pour indiquer que la cinchonine paraît être une base un peu plus faible que la quinine.

» Venons à la comparaison des sels, dans l'état solide qui présente un caractère plus général,

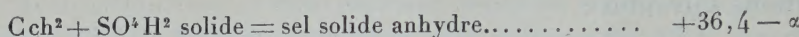
$Cch + HCl$ gaz = Cch, HCl solide .... + $26^{Cal},1$

valeur inférieure à 29,3 pour la quinine.

» Quant au sulfate de cinchonine, nous n'avons pas d'observations pour l'état anhydre. Mais pour le sulfate hydraté, $Cch^2, SO^4H^2, 2H^2O$ cristallisé, on déduit des chiffres donnés plus haut :

$Cch^2 + SO^4H^2$ dissous = sel dissous .. 31,8 − 9,1 = 22,7 Sel solide 19,4
Sel solide anhydre .... 19,4 − α

et par conséquent



$Cch^2 + SO^4H^2$ solide = sel solide anhydre............ $+36,4 - \alpha$

cette valeur est inférieure à $+37^{Cal},9$ observée pour la quinine.

» Observons en passant que la déshydratation du sulfate de cinchonine est fort difficile.

D. — CINCHONIDINE.



$C^{19}H^{22}Az^2O = 294 = Cnch.$

» Isomère de la cinchonine.

» 1. *Combustion, corps cristallisé.* — Pour 1^{gr} : $8651^{cal},5$ (2 expériences).

Pour le poids moléculaire... $2543^{Cal},6$ à vol. const. $2545^{Cal},9$ à press. const.

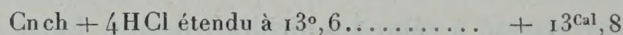
» La cinchonine a donné : $2546^{cal},2$, à pression constante, sensiblement la même valeur.

» 2. *Formation par les éléments :* $+4^{Cal},95$;

» La cinchonine : $+4^{Cal},7$. C'est la même valeur sensiblement.

» Les deux isomères ont donc la même chaleur de combustion et, par conséquent, la même chaleur de formation.

» 3. *États multiples :*

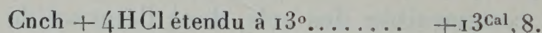


Cnch + 4HCl étendu à 13°,6........... $+13^{Cal},8$

» Cnch dissoute dans 4HCl étendu, précipitée par 4KOH étendue, redissoute dans 4HCl étendu à 16°,7 : $+14^{Cal},0$.

» C'est la même valeur, dans les limites d'erreur.

» *Chlorhydrates :*



Cnch + 4HCl étendu à 13°........ $+13^{Cal},8$.

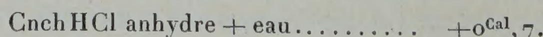
» Valeur applicable à 2HCl.



Cnch + HCl étendu......... $+9^{Cal}$ environ.

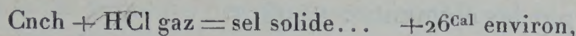
» Ce sont à peu près les mêmes chiffres que pour la cinchonine.

» De même avec Cnch + $2SO^4H^2$, à 13°, la cinchonidine cristallisée et la base récemment précipitée ont fourni sensiblement les mêmes chiffres, soit $+16^{Cal}$ environ à 13°.



CnchHCl anhydre + eau.......... $+0^{Cal},7$.

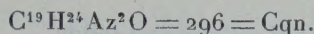
» D'où résulte



$$\text{Cnch} + \text{HCl gaz} = \text{sel solide}\ldots \quad +26^{\text{Cal}} \text{ environ},$$

même valeur que pour la cinchonine.

E. — CINCHONAMINE.



$$C^{19}H^{24}Az^{2}O = 296 = \text{Cqn}.$$

» 1. *Combustion :* 1^{g} : $8763^{\text{cal}},2$ (2 expériences).

Pour le poids moléculaire...... $2593^{\text{Cal}},9$ à vol. const.; $2596^{\text{Cal}},5$ à pres. const.

» 2. *Formation par les éléments :* $+23^{\text{Cal}},4$.

» La formule diffère de celle de la cinchonine par H^2 en plus. La fixation de H^2 répondrait donc à $23,4 - 4,7 = 18^{\text{Cal}},6$, valeur de l'ordre de grandeur de la chaleur dégagée par l'hydrogénation des divers aldéhydes changés en alcool (¹) (alcool benzylique $+15,4$; alcool campholique $+17,0$; glucose en mannite $+17,7$, etc.).

» 3. La chaleur de formation des sels n'a pu être déterminée avec une exactitude suffisante, à cause de leur très petite solubilité.

» *État solide.* — En raison de cette circonstance, nous avons opéré par la combustion des sels, et déduit des résultats les chaleurs de formation des sels anhydres. Quoique cette méthode soit assurément moins précise, les valeurs se déduisant de nombres trente fois plus grands, nous donnerons les résultats observés sous toutes réserves.

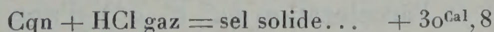
» *Chlorhydrate :*

» Cqn, HCl. — Pour 1^{g} : $7760^{\text{cal}},9$ (3 expériences).

» D'où pour le poids moléculaire : $2580^{\text{cal}},5$ à vol. const.; $2583^{\text{cal}},1$ à pression constante.

» *Formation par les éléments :* $+ 76^{\text{Cal}},2$.

» Ce qui donnera pour



$$\text{Cqn} + \text{HCl gaz} = \text{sel solide}\ldots \quad + 30^{\text{Cal}},8$$

» Valeur comparable à la formation du chlorhydrate de quinine solide : $+ 29,3$.

» *Azotate :*

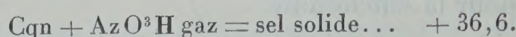
» Cqn. $AzO^{3}H$. Pour 1^{g} : combustion (2 expériences), 7127^{cal}.

(¹) Thermochimie : *Données et lois numériques,* t. I, p. 577.

» Pour le poids moléculaire : 2558,6 à vol. const., —2560,2 à pr. const.

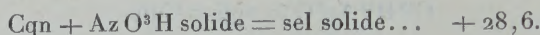
» Formation par les éléments : + 94,2.

» Ce qui donne



$$\text{Cqn} + \text{Az}\,\text{O}^3\text{H gaz} = \text{sel solide}\ldots \quad +36,6.$$

» Valeur comparable à la formation du chlorhydrate. On a encore



$$\text{Cqn} + \text{Az}\,\text{O}^3\text{H solide} = \text{sel solide}\ldots \quad +28,6.$$

» Ces chiffres, sans avoir une signification absolue, donnent cependant une idée de l'ordre de grandeur de la chaleur de formation des sels de cinchonamine. Ils sont comparables aux résultats obtenus avec la quinine et d'une grandeur peu éloignée de ceux des chlorhydrate et azotate d'ammoniaque : surtout si l'on envisage l'ammoniaque à l'état solide, pour rendre les comparaisons plus étroites. »

CINÉMATIQUE. — *Sur quelques fonctions et vecteurs de point dans le mouvement d'un fluide*. Note de M. **Paul Appell.**

« I. Dans l'étude analytique du mouvement d'un fluide ou d'un milieu continu quelconque, il importe de mettre en évidence les fonctions et les vecteurs qui, à chaque instant t, ont, dans chaque particule fluide, une valeur indépendante du choix des axes; on peut, en étendant un peu une expression de Lamé, appeler ces fonctions et ces vecteurs des *fonctions* et des *vecteurs de point*.

» On doit considérer d'abord les fonctions et vecteurs de point qui sont formés avec les projections u, v, w de la vitesse d'une particule et les dérivées de u, v, w par rapport à x, y, z : ces fonctions et vecteurs pourront être classés d'après l'ordre des dérivées partielles en x, y, z qui y figurent. Viennent ensuite les fonctions et vecteurs de point formés avec la vitesse (u, v, w) et l'accélération (u', v', w') d'une particule, et contenant dans leurs expressions les dérivées partielles de u, v, w, u', v', w' par rapport à x, y, z; ces fonctions et vecteurs sont des sortes d'invariants simultanés de la vitesse et de l'accélération relativement à un changement d'axes. Et ainsi de suite.

» On sait, d'après un Mémoire de M. Heinrich Burckhardt (*Nachrichten der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen* et *Mathematische Annalen*, 1893), former systématiquement, en partant de fonctions

et de vecteurs de point donnés dans un champ quelconque, toutes les fonctions et tous les vecteurs de point qui s'en déduisent.

» Si nous portons notre attention sur une fonction de point déduite de la vitesse, la valeur de cette fonction dans une particule fluide déterminée sera une fonction du temps t et sa dérivée totale, par rapport à t, s'exprimera par une somme de deux termes, dont le premier est un invariant simultané de la vitesse et de l'accélération et dont le second est une fonction de point dépendant de la vitesse. Un fait analogue a lieu pour la dérivée géométrique totale par rapport au temps, d'un vecteur de point dépendant de la vitesse et de ses dérivées partielles en x, y, z.

» II. Comme exemple de formules obtenues par cette méthode, nous indiquerons ici le type des formules auxquelles conduit la considération de *fonctions de point contenant les seules dérivées premières des composantes* u, v, w *de la vitesse par rapport à* x, y, z.

» D'après les notations bien connues, de la théorie de l'élasticité, nous posons

$$(1)\quad \begin{cases} \varepsilon_1 = \dfrac{\partial u}{\partial x}, & \varepsilon_2 = \dfrac{\partial v}{\partial y}, & \varepsilon_3 = \dfrac{\partial w}{\partial z}, \\ \gamma_1 = \dfrac{\partial w}{\partial y} + \dfrac{\partial v}{\partial z}, & \gamma_2 = \dfrac{\partial u}{\partial z} + \dfrac{\partial w}{\partial x}, & \gamma_3 = \dfrac{\partial v}{\partial x} + \dfrac{\partial u}{\partial y}, \\ 2\xi = \dfrac{\partial w}{\partial y} - \dfrac{\partial v}{\partial z}, & 2\eta = \dfrac{\partial u}{\partial z} - \dfrac{\partial w}{\partial x}, & 2\zeta = \dfrac{\partial v}{\partial x} - \dfrac{\partial u}{\partial y}; \end{cases}$$

on sait que les quantités ξ, η, ζ sont les projections du vecteur tourbillon Ω relatif au point $P(x, y, z)$.

» Nous considérons alors les six fonctions de point fondamentales suivantes :

$$(2)\quad \begin{cases} \theta = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3, \\ \delta = \gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 - 4(\varepsilon_2\varepsilon_3 + \varepsilon_3\varepsilon_1 + \varepsilon_1\varepsilon_2), \\ \varkappa = 4\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_3 + \gamma_1\gamma_2\gamma_3 - \varepsilon_1\gamma_1^2 - \varepsilon_2\gamma_2^2 - \varepsilon_3\gamma_3^2, \\ \Omega^2 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2, \\ \varphi = \varepsilon_1\xi^2 + \varepsilon_2\eta^2 + \varepsilon_3\zeta^2 + \gamma_1\eta\zeta + \gamma_2\zeta\xi + \gamma_3\xi\eta, \\ \psi = (4\varepsilon_2\varepsilon_3 - \gamma_1^2)\xi^2 + (4\varepsilon_3\varepsilon_1 - \gamma_2^2)\eta^2, \\ \qquad + 4(\varepsilon_1\varepsilon_2 - \gamma_3^2)\zeta^2 + 2(\gamma_2\gamma_3 - 2\varepsilon_1\gamma_1)\eta\zeta \\ \qquad + 2(\gamma_3\gamma_1 - 2\varepsilon_2\gamma_2)\zeta\xi + 2(\gamma_1\gamma_2 - 2\varepsilon_3\gamma_3)\xi\eta. \end{cases}$$

» La dérivée totale de chacune de ces fonctions s'exprime par une

fonction de point composée avec la vitesse et l'accélération, *suivie d'un polynome entier en* θ, δ, $\varkappa$, Ω^2, φ et ψ.

» Pour écrire ces formules il est commode d'introduire les quantités $\varepsilon'_1, \ldots, \gamma'_1, \ldots, \xi'_1, \ldots$, déduites du vecteur accélération u', v', w' comme les quantités (1) le sont du vecteur vitesse :

$$(3)\quad \left\{\begin{array}{lll} \varepsilon'_1 = \dfrac{\partial u'}{\partial x}, & \varepsilon'_2 = \dfrac{\partial v'}{\partial y}, & \varepsilon'_3 = \dfrac{\partial w'}{\partial z}, \\ \gamma'_1 = \dfrac{\partial w'}{\partial y} + \dfrac{\partial v'}{\partial z}, & \gamma'_2 = \dfrac{\partial u'}{\partial z} + \dfrac{\partial w'}{\partial x}, & \gamma'_3 = \dfrac{\partial v'}{\partial x} + \dfrac{\partial u'}{\partial y}, \\ 2\xi' = \dfrac{\partial w'}{\partial y} - \dfrac{\partial v'}{\partial z}, & 2\eta' = \dfrac{\partial u'}{\partial z} - \dfrac{\partial w'}{\partial x}, & 2\zeta' = \dfrac{\partial v'}{\partial x} - \dfrac{\partial u'}{\partial y}. \end{array}\right.$$

» La dérivation totale de Ω^2 par rapport à t donne, sous une autre forme, une formule connue de la théorie des tourbillons

$$\frac{d\Omega^2}{dt} = 2(\xi\xi' + \eta\eta' + \zeta\zeta') - 2\theta\Omega^2 + 2\varphi,$$

où le premier terme $\xi\xi' + \eta\eta' + \zeta\zeta'$ est un invariant simultané des vecteurs vitesse et accélération. La dérivation des autres quantités (2) donne des formules analogues telles que

$$\frac{d\theta}{dt} = \varepsilon'_1 + \varepsilon'_2 + \varepsilon'_3 - \theta^2 - \frac{1}{2}\delta + 2\Omega^2,$$
$$\frac{d\delta}{dt} = 2\Sigma[\gamma_1\gamma'_1 - 2(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)\varepsilon'_1] - 3\varkappa - \theta\delta - 4\varphi - 4\theta\Omega^2,$$

....

» Parmi les vecteurs de point, on peut rapprocher des fonctions précédentes, les vecteurs dont les trois projections contiennent les seules dérivées premières de u, v, w par rapport à x, y, z, c'est-à-dire les seules quantités (1), comme le seraient les vecteurs ayant pour projections

$$\frac{\partial\varphi}{\partial\xi}, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial\eta}, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial\zeta} \quad \text{ou} \quad \frac{\partial\psi}{\partial\xi}, \quad \frac{\partial\psi}{\partial\eta}, \quad \frac{\partial\psi}{\partial\zeta}.$$

» Dans ce domaine, les deux derniers vecteurs joints au vecteur tourbillon sont les éléments fondamentaux.

» Les formules que nous venons d'indiquer et toutes les formules du même genre relatives aux fonctions et vecteurs de point dépendant des dérivées premières de la vitesse, s'établissent en partant des relations sui-

vantes donnant les dérivées totales des fonctions (1) :

$$\frac{d\xi}{dt} = \xi' - \theta\xi + \frac{1}{2}\frac{\partial\varphi}{\partial\xi},$$

$$\frac{d\varepsilon_1}{dt} = \varepsilon'_1 - \theta\varepsilon_1 + \frac{1}{4}(4\varepsilon_1\varepsilon_2 - \gamma_3^2) + \frac{1}{4}(4\varepsilon_1\varepsilon_3 - \gamma_2^2) + \eta^2 + \zeta^2,$$

$$\frac{d\gamma_1}{dt} = \gamma'_1 - \theta\gamma_1 - \frac{1}{2}(\gamma_2\gamma_3 - 2\varepsilon_1\gamma_1) - 2\eta\zeta,$$

et des expressions qu'on en déduit pour les dérivées des coefficients de la forme ψ,

$$\frac{d}{dt}(\gamma_2\gamma_3 - 2\varepsilon_1\gamma_1) = \gamma_2\gamma'_3 + \gamma_3\gamma'_2 - 2(\varepsilon_1\gamma'_1 + \gamma_1\varepsilon'_1)$$
$$- \theta(\gamma_2\gamma_3 - 2\varepsilon_1\gamma_1) - 2\eta\frac{\partial\varphi}{\partial\zeta} - 2\zeta\frac{\partial\varphi}{\partial\eta} + 4\theta\eta\zeta,$$

$$\frac{d}{dt}(4\varepsilon_2\varepsilon_3 - \gamma_1^2) = 4(\varepsilon_2\varepsilon'_3 + \varepsilon_3\varepsilon'_2) - 2\gamma_1\gamma'_1$$
$$- \theta(4\varepsilon_2\varepsilon_3 - \gamma_1^2) + \varkappa + 4\varphi - 4\xi\frac{\partial\varphi}{\partial\xi} + 4\theta\xi^2.$$

» Nous renverrons, pour le développement des éléments de cette théorie, à un Mémoire qui va paraître incessamment dans le *Journal de Mathématiques* de M. Jordan (1er fascicule 1903). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réductibilité des équations différentielles.* Note de M. **Paul Painlevé**.

« 1. Dans une Communication du 8 décembre dernier, j'ai dit qu'aucun mode de réductibilité des équations différentielles n'échappait au théorème de M. Drach. M. R. Liouville pense, au contraire, démontrer dans les derniers *Comptes rendus* que le mode de réductibilité qu'il a introduit échappe à ce théorème.

» La question générale ainsi posée ayant une véritable importance, je crois utile de la trancher sans ambiguïté possible. Je traiterai d'abord un mode de réductibilité qui renferme comme cas très particulier celui de M. Liouville; j'étudierai ensuite en détail le problème de M. Liouville.

» 2. Considérons une équation différentielle (algébrique) que je prendrai du second ordre pour fixer les idées, ou, ce qui revient au même, un couple de deux équations (algébriques) du premier ordre, soit

$$(1) \qquad \frac{dy}{dx} = \varphi(x, y, z), \qquad \frac{dz}{dx} = \psi(x, y, z).$$

» Considérons, d'autre part, une fonction $w(x, y, z)$ définie par un système d'équations aux dérivées partielles, soit Σ, tel que la solution générale w du système ne dépende que d'un nombre *fini* de constantes $a, b, \ldots, l$, et en dépende ALGÉBRIQUEMENT : soit $w = F(x, y, z, a, b, \ldots, l)$ cette solution générale. Admettons enfin que la relation $F = 0$ soit une *équation intégrale* de (1); autrement dit, que toute solution $y(x)$, $z(x)$ de (1) vérifie la condition $F = 0$ pour un choix convenable des constantes $a, b, \ldots, l$.

» *Je dis qu'on peut déduire, sans intégration, du système Σ un système dont la solution générale ne dépend que d'un nombre fini de constantes et représente une intégrale première de* (1).

» En effet, tout d'abord, il est bien connu que la solution générale de Σ se laisse mettre sous la forme

$$w = G(w_1, w_2, \ldots, w_k, a, b, \ldots, l)$$

$w_1, \ldots, w_k$ désignant des solutions particulières de Σ, et G une fonction algébrique des w_j et des constantes $a, b, \ldots, l$. D'autre part, la théorie élémentaire des équations différentielles permet, par dérivation, de déduire de l'équation intégrale $G = 0$ au moins une intégrale première de (1), et *cette intégrale première $u(x, y, z)$ sera une fonction algébrique de $w_1, \ldots, w_k$ et de leurs dérivées; elle vérifiera donc un système différentiel dont l'intégrale générale sera une fonction (algébrique) d'un nombre fini de constantes et dont les coefficients seront des fonctions de x, y, z exprimables algébriquement à l'aide des coefficients de Σ et de leurs dérivées*. On est ainsi ramené au problème traité explicitement par M. Drach.

» 3. Le mode de réductibilité introduit par M. Liouville n'est évidemment qu'un cas particulier du précédent, à savoir le cas où le système (Σ) est *un système linéaire homogène de quatrième ordre*, c'est-à-dire un système dont l'intégrale générale est de la forme

$$w = a_1 w_1 + a_2 w_2 + a_3 w_3 + a_4 w_4, \tag{2}$$

a_1, a_2, a_3, a_4 désignant des constantes arbitraires.

» Les considérations du n° 2 suffisent donc à montrer que le théorème de M. Drach s'applique à cette réduction spéciale. Mais, pour rendre la chose plus claire encore, j'entrerai dans le détail du calcul.

Appelons système T tout système différentiel linéaire dont la solution générale est de la forme (2) et qui jouit de la propriété suivante : une

solution quelconque $y(x)$, $z(x)$ de (1) se laisse définir par les relations

$$(3) \qquad f_2 = \mathrm{A}f_1 + \mathrm{B}, \qquad f_3 = \mathrm{C}f_1 + \mathrm{D},$$

f_1, f_2, f_3 désignant les quotients de trois solutions w_1, w_2, w_3 de Σ par une quatrième w_4, et A, B, C, D des fonctions convenables des deux constantes d'intégration de (1).

» Qu'il existe, pour tout couple (1), une infinité de systèmes T, c'est ce que rend évident la transformation

$$\mathrm{X} = f_1(x, y, z), \qquad \mathrm{Y} = f_2(x, y, z), \qquad \mathrm{Z} = f_3(x, y, z).$$

» Quand on regarde (x, y, z) et (X, Y, Z) comme les coordonnées cartésiennes d'un espace, dire qu'il existe des systèmes T, c'est dire qu'*une congruence quelconque de courbes* [*définie par* (1)] *est réductible, par une transformation ponctuelle, à une congruence de droites*. Toutes les transformations ponctuelles qui jouissent de cette propriété s'obtiennent en prenant une des trois fonctions f_1, f_2, f_3 arbitrairement, soit f_1, et les deux autres liées à f_1 par les conditions

$$f_2 = \alpha(x, y, z)f_1 + \beta(x, y, z), \qquad f_3 = \gamma(x, y, z)f_1 + \delta(x, y, z),$$

α, β, γ, δ désignant des intégrales premières de (3). Les fonctions f_1, f_2, f_3 étant ainsi choisies, si on leur adjoint une fonction arbitraire f, et si l'on forme le système différentiel dont la solution générale est

$$w = f(a_1 f_1 + a_2 f_2 + a_3 f_3 + a_4),$$

ce système est un système T, et tous les systèmes T s'obtiennent de cette manière.

» Parmi ces systèmes T, M. Liouville se restreint à considérer les systèmes (T′) qui admettent la solution $w = 1$. Pour préciser, j'appellerai *systèmes de M. Liouville* cette classe (T′) de systèmes T. A tout couple (1) correspondent une infinité de systèmes de M. Liouville; ils s'obtiennent en faisant, dans ce qui précède, $f \equiv 1$. Ces systèmes (T′) dépendent encore d'une fonction arbitraire de x, y, z dont on peut disposer de façon que le jacobien de f_1, f_2, f_3 soit donné, par exemple, égal à 1 ou à 0 [1].

» C'est là ce que j'ai expliqué dans ma Note du 8 septembre dernier. M. Liouville avait établi, le 1er septembre, l'existence de systèmes (T′)

---

[1] Si l'on tient compte de cette condition, les systèmes (T′) ne dépendent plus que des fonctions arbitraires de deux variables.

attachés à l'équation

$$(4) \qquad y'' = 6y^2 + x;$$

ma réponse n'avait d'autre objet que de montrer que l'existence de tels systèmes, étant évidente pour *toute* équation différentielle, n'entraînait aucune conséquence particulière à l'équation (4). Les dernières Communications de M. Liouville constatent, d'ailleurs, qu'il est parfaitement d'accord avec moi sur ces divers points. Précisons maintenant le désaccord qui subsiste.

» 4. Parmi les systèmes différentiels (T), il en est une classe remarquable : ceux qui jouissent de la propriété que le quotient $\frac{w_2}{w_1}$ de deux quelconques de leurs solutions soit une intégrale première de (1). Ce sont ces systèmes que j'ai considérés exclusivement dans ma dernière Communication (8 décembre) et que j'ai appelés [1] systèmes S.

» Or, ces systèmes S n'épuisent pas les systèmes (T), non plus que les systèmes (T'); d'une façon précise, un système de M. Liouville ne coïncide avec aucun système S (à moins que le jacobien de f_1, f_2, f_3 ne soit nul). Telle est la remarque que fait M. Liouville dans les derniers *Comptes rendus;* il en conclut que le mode de réduction qu'il propose échappe à mon raisonnement, par suite au théorème de M. Drach.

» La remarque de M. Liouville est parfaitement exacte, mais la conclusion qu'il en tire ne l'est pas. Pourquoi, en effet, me suis-je limité, dans ma dernière Note, aux systèmes S? Pour une raison bien simple : c'est que, si l'on connaît *un système* (T') *de M. Liouville qui ne soit pas un système* S, *on en déduit aussitôt (sans intégration) un système* S, *du troisième ou du deuxième ordre seulement au lieu du quatrième.*

» En effet, ou bien une solution au moins $f_1(x, y, z)$ de (T') est une intégrale première de (1) (non constante), mais alors les solutions de (T') qui sont en même temps intégrales premières de (1) vérifient un système S, du quatrième ordre au plus, lequel se déduit immédiatement de (T'); ou bien aucune solution de (T') n'est intégrale première de (1); il suffit alors de dériver les formules (3) pour voir que, si l'on pose

$$(4) \qquad f'_j = \frac{\partial f_j}{\partial x} + \frac{\partial f_j}{\partial y}\varphi + \frac{\partial f_j}{\partial z}\psi \qquad (j = 1, 2, 3),$$

---

[1] Est-il besoin d'ajouter que toutes les conclusions de ma Note subsistent *a fortiori* si le système linéaire S, jouissant toujours de la même propriété, est du troisième ou du deuxième ordre et non du quatrième.

les expressions $\frac{f'_2}{f'_1}$, $\frac{f'_3}{f'_1}$ *sont des intégrales premières de* (1). Autrement dit, si l'on forme le système linéaire du troisième ordre dont la solution est

$$a_1 f'_1 + a_2 f'_2 + a_3 f'_3,$$

les coefficients de ce système se déduisent *rationnellement* de ceux de (T′) et de leurs dérivées, et le nouveau système est un système S, puisque le quotient de deux quelconques de ses solutions est une intégrale première de (1).

» C'est à cause de cette corrélation intuitive entre les systèmes (S) et ceux de Liouville que je me suis limité, dans ma dernière Note, aux systèmes S. *Je n'ai donc pas un mot à changer aux conclusions de cette Note.*

» En d'autres termes, la conclusion de M. Liouville (*Comptes rendus,* 19 janvier 1903) était la suivante : « Entre les solutions f_1, f_2, f_3 d'un de » mes systèmes auxiliaires et les intégrales premières de (1) il n'existe » aucune relation simple ». La vérité est qu'une telle relation existe et des plus simples, à savoir celle-ci : *ou bien une au moins des fonctions* f_1, f_2, f_3, *ou bien les quotients des expressions*

$$\frac{\partial f_j}{\partial x} + \varphi \frac{\partial f_j}{\partial y} + \psi \frac{\partial f_j}{\partial z} \qquad (j = 1, 2, 3)$$

sont des intégrales premières de (1).

» Le résultat est exactement le même si, au lieu de se limiter aux systèmes (T′), on considère tous les systèmes (T). Ou bien une au moins des fonctions f_1, f_2, f_3 est une intégrale première de (1), (f_1, f_2, f_3 désignant les quotients de trois solutions quelconques de T par une quatrième); ou bien les expressions $\frac{f'_2}{f'_1}$, $\frac{f'_3}{f'_1}$ sont des intégrales premières de (1) [les f'_j étant données par les équations (4)]. On se trouve donc toujours ramené aux questions envisagées par M. Drach. Ces différents problèmes ne sont d'ailleurs, je le répète, que des cas très particuliers du problème traité dans le n° 2. »

OPTIQUE. — *Théorie de l'absorption de la lumière par les cristaux symétriques.* Note de M. J. BOUSSINESQ.

« I. La propagation des ondes lumineuses dans les corps transparents s'explique, le plus simplement possible, en regardant la résistance opposée par chaque molécule pondérable au mouvement vibratoire de l'éther, comme analogue à celle qu'éprouve, de la part d'un solide immergé très

dense, un fluide exécutant autour de lui de courtes oscillations. Quand la période des oscillations devient assez brève, cette dernière résistance se réduit très sensiblement à ce qu'elle serait sans les frottements intérieurs du fluide ; et elle a alors ses composantes, suivant trois certains axes rectangulaires (*axes principaux*) dépendant de la figure du solide, égales respectivement aux produits des composantes de mêmes sens de l'accélération du fluide, par trois coefficients négatifs *constants;* en sorte que la présence du solide équivaut, pour le fluide ambiant, suivant une idée introduite dans l'Hydraulique et prouvée expérimentalement par du Buat, à un *certain* accroissement relatif de l'inertie ou de la masse de ce fluide. Et, de même, la présence d'une molécule pondérable équivaudra, pour l'éther ambiant se mouvant suivant l'un des trois axes, assigné, de la molécule, à un certain accroissement de masse, sans modification de l'élasticité. Si donc, le corps se trouvant cristallisé, toutes les molécules pondérables peuvent y être censées égales, pareillement orientées et distribuées uniformément, leur résistance totale s'exprimera en affectant la densité de l'éther de trois accroissements constants, un pour l'accélération relative à chaque axe.

» Mais, à une approximation plus élevée, et s'il s'agit de mouvements *pendulaires,* la résistance du solide aux courtes oscillations du fluide comprend, en outre, une petite partie proportionnelle à la vitesse, partie due tout entière aux frottements intérieurs et largement variable avec la période (par un terme inverse de la racine carrée de celle-ci). L'analogie conduit donc à adjoindre, dans un cristal où l'éther est en vibration, à la principale résistance des molécules pondérables, fonction linéaire des accélérations, un petit supplément de résistance, fonction linéaire des vitesses, et dont les composantes seront généralement, par unité de volume, trois trinomes du premier degré en ξ', η', ζ', si ξ, η, ζ désignent les composantes du déplacement vibratoire et ξ', η', ξ' leurs dérivées relatives au temps t. Rien ne paraissant limiter l'indépendance mutuelle des coefficients de ces trinomes, sinon leur propriété de correspondre à un travail résistant ou de donner, multipliées respectivement par ξ', η', ζ', trois produits à somme totale essentiellement négative, il ne doit pas y avoir, en général, de système d'axes rectangulaires qui y réduise les trois composantes à trois monomes, respectivement en ξ', η', ζ' : mais on reconnaît aisément qu'il en existe un, par rapport auquel les neuf coefficients se réduisent à *six* distincts, savoir : trois, essentiellement négatifs, qui affectent, respectivement, ξ', η' et ζ' dans les trois équations du mouvement, et trois autres, qui figurent chacun deux fois dans les trinomes, une fois avec le signe *plus* et une fois avec le signe *moins*.

» Le cas le plus simple est celui d'un cristal *symétrique*, c'est-à-dire se comportant comme s'il était pourvu de trois plans rectangulaires de symétrie de contexture, dont les intersections, prises comme axes des x, y, z, donnent tout à la fois les directions des axes principaux, pour la partie de la résistance qui est proportionnelle aux accélérations, et réduisent de plus, par raison de symétrie, les composantes de l'autre partie à trois monomes, respectivement en ξ', η', ζ'. Alors, si l'on appelle a, b, c, a', b', c' six constantes positives, dont les trois dernières, très petites, varient avec la période, les équations du mouvement vibratoire de l'éther sont

$$(1) \qquad \frac{d^2}{dt^2}\left(\frac{\xi}{a^2}, \frac{\eta}{b^2}, \frac{\zeta}{c^2}\right) + 2\frac{d}{dt}(a'\xi, b'\eta, c'\zeta) = \Delta^2(\xi, \eta, \xi) - \frac{d\theta}{d(x, y, z)},$$

où θ désigne la dilatation cubique $\frac{d\xi}{dx} + \frac{d\eta}{dy} + \frac{d\zeta}{dz}$.

» Le cas le moins compliqué venant ensuite est celui où les axes qui réduisent à six (pour la valeur absolue) les coefficients figurant dans la petite résistance fonction de la vitesse, coïncident, en direction, avec les axes *principaux* relatifs à la partie de la résistance fonction de l'accélération. Alors les premiers membres des équations (1) se trouvent accrus respectivement des binomes différentiels

$$(2) \qquad \frac{d}{dt}(\mathrm{f}\eta - \mathrm{e}\zeta, \; -\mathrm{f}\xi + \mathrm{d}\zeta, \; \mathrm{e}\xi - \mathrm{d}\eta),$$

d, e, f désignant trois petits coefficients constants, analogues à a', b', c', mais indifféremment positifs ou négatifs.

» II. Cherchons les lois d'un système, à vibrations *pendulaires*, d'ondes planes assez étendues latéralement pour se comporter à fort peu près comme si elles étaient indéfinies. Attribuons d'ailleurs, à ce système d'ondes, une *amplitude* vibratoire U variable seulement avec la distance u à un plan donné, comme il arrivera si ce plan est la surface du cristal, atteinte par des ondes *extérieures* d'amplitude *uniforme*, surface à partir de laquelle l'absorption réduira peu à peu, dans l'intérieur, l'amplitude du mouvement réfracté, et de la même manière partout, à distance u constante. Soient λ, μ, ν les cosinus directeurs de la normale au plan en question, issue d'une origine de coordonnées x, y, z prise sur ce plan, et faisant un angle aigu avec la normale analogue aux ondes, tirée dans le sens de leur propagation. Si, en outre, k désigne le quotient de 2π par la période vibratoire, α, β, γ, les trois angles faits avec les axes par la normale aux ondes, ω la vitesse de propagation suivant cette normale, enfin l, m, n les trois quotients de $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$ par ω, les déplacements vibra-

toires ξ, η, ζ seront, comme on sait, les produits de l'amplitude U par trois binomes trigonométriques de la forme

$$A \cos k(t - lx - my - nz) + B \sin k(t - lx - my - nz),$$

à coefficients A, B différents, mais constants. Le corps étant *translucide*, l'amplitude U ne variera que lentement avec u et aura ses dérivées *successives* U', U'', ... d'ordres de petitesse *de plus en plus* élevés. On pourra donc, en portant ces expressions de ξ, η, ζ dans les équations du mouvement, tenir compte des petits termes en U', mais négliger, comparativement, les termes en U''. Alors chaque équation développée contiendra, à ses deux membres, deux termes à coefficients binomes en U et U', termes affectés, l'un, du cosinus, l'autre, du sinus de l'arc $k(t - lx - my - nz)$; et la vérification de l'équation aux époques où s'annule soit le cosinus, soit le sinus, obligera d'égaler dans les deux membres, séparément, les coefficients du cosinus, et, séparément, les coefficients du sinus. Il viendra ainsi, en U et U', des équations de la forme $FU + GU' = 0$, tenues d'être compatibles et entraînant pour U, à un facteur constant près, une expression comme e^{-fu}, où f sera un très petit *coefficient d'extinction* (1). Dès lors, on pourra mettre ξ, η, ζ sous les formes

$$(3) \quad \xi = Ce^{-fu} \cos[k(t - lx - my - nz) + \text{const.}], \qquad \eta = \ldots, \qquad \zeta = \ldots,$$

où les cinq constantes k, l, m, n, f seront seules, nécessairement, communes aux trois expressions de ξ, η et ζ. Or, en reculant dans le passé, d'un quart de période, l'origine des temps, de manière à remplacer kt par $kt - \frac{\pi}{2}$, ces intégrales particulières des équations du mouvement en donneront d'autres, savoir :

$$\xi = Ce^{-fu} \sin[k(t - lx - my - nz) + \text{const.}], \qquad \eta = \ldots, \qquad \zeta = \ldots;$$

et celles-ci, multipliées par $\sqrt{-1}$, puis ajoutées respectivement aux précédentes, conduiront aux solutions *symboliques*

$$(3\ bis) \quad \xi = Ce^{-fu} e^{[k(t - lx - my - nz) + \text{const.}]\sqrt{-1}}, \qquad \eta = \ldots, \qquad \zeta = \ldots.$$

---

(1) On arriverait, vraisemblablement, à la même conclusion pour les corps très opaques, où l'on ne pourrait plus négliger U''; car la compatibilité de toutes les équations linéaires en U'', U' et U obtenues ne manquerait pas de réduire l'expression de U à une *seule* solution simple, c'est-à-dire à une exponentielle comme e^{-fu}.

Mais remplaçons u par $\lambda x + \mu y + \nu z$; puis posons

$$(4) \quad \left\{ \begin{array}{l} l - \frac{f}{k}\lambda\sqrt{-1} = \mathrm{L}, \qquad m - \frac{f}{k}\mu\sqrt{-1} = \mathrm{M}, \qquad n - \frac{f}{k}\nu\sqrt{-1} = \mathrm{N}, \\ \qquad\qquad \mathrm{C}e^{\sqrt{-1}\,\mathrm{const.}} = \mathrm{L}', \quad \ldots; \end{array} \right.$$

et nous verrons que les équations du mouvement admettent les solutions *simples* symboliques

$$(5) \qquad (\xi, \eta, \zeta) = (\mathrm{L}', \mathrm{M}', \mathrm{N}')\, e^{k(t-\mathrm{L}x-\mathrm{M}y-\mathrm{N}z)\sqrt{-1}},$$

identiques à (3 *bis*) ou donnant précisément, *par leurs parties réelles*, les solutions *véritables* ou *physiques* cherchées (3).

» Or, ces expressions symboliques (5), dans le genre de celles que considérait Cauchy, serviront utilement d'intermédiaires pour obtenir les vraies solutions (3); car leur mode de formation sera plus facile à démêler.

» III. Pour le reconnaître, bornons-nous d'abord aux cristaux *symétriques,* régis par les équations (1); et observons que, chaque dérivation en t des expressions (5) introduisant simplement le facteur $k\sqrt{-1}$, ces expressions de ξ, η, ζ permettent de remplacer les équations (1) par celles-ci, plus homogènes,

$$(6) \qquad \frac{d^2}{dt^2}\left(\frac{\xi}{\mathrm{A}^2}, \frac{\eta}{\mathrm{B}^2}, \frac{\zeta}{\mathrm{C}^2}\right) = \Delta_2(\xi, \eta, \zeta) - \frac{d\theta}{d(x, y, z)},$$

où nous avons posé, en négligeant les carrés de a', b', c',

$$(7) \quad \mathrm{A} = a\left(1 + \frac{a^2 a'}{k}\sqrt{-1}\right), \qquad \mathrm{B} = b\left(1 + \frac{b^2 b'}{k}\sqrt{-1}\right), \qquad \mathrm{C} = c\left(1 + \frac{c^2 c'}{k}\sqrt{-1}\right).$$

» Mais les expressions (5) de ξ, η, ζ, portées dans (6), donnent presque immédiatement, pour déterminer les rapports mutuels de L′, M′, N′, la double proportion

$$(8) \quad \frac{\mathrm{L}'}{\dfrac{\mathrm{A}^2\mathrm{L}}{\mathrm{A}^2\mathrm{S}^2 - 1}} = \frac{\mathrm{M}'}{\dfrac{\mathrm{B}^2\mathrm{M}}{\mathrm{B}^2\mathrm{S}^2 - 1}} = \frac{\mathrm{N}'}{\dfrac{\mathrm{C}^2\mathrm{N}}{\mathrm{C}^2\mathrm{S}^2 - 1}}, \qquad \text{où} \qquad \mathrm{S}^2 = \mathrm{L}^2 + \mathrm{M}^2 + \mathrm{N}^2;$$

ce qui réduit finalement les équations (6) à la relation, entre L, M et N,

$$(9) \qquad \frac{\mathrm{A}^2\mathrm{L}^2}{\mathrm{A}^2\mathrm{S}^2 - 1} + \frac{\mathrm{B}^2\mathrm{M}^2}{\mathrm{B}^2\mathrm{S}^2 - 1} + \frac{\mathrm{C}^2\mathrm{N}^2}{\mathrm{C}^2\mathrm{S}^2 - 1} = 1.$$

» Or quand, pour extraire des expressions symboliques (5) de ξ, η, ζ leurs parties réelles (3), on mettra finalement L′, M′, N′ sous les formes

$l'e^{\lambda'\sqrt{-1}}$, $m'e^{\mu'\sqrt{-1}}$, $n'e^{\nu'\sqrt{-1}}$, avec l', m', n' réels et λ', μ', ν' à la fois réels et *très petits* (à une partie commune près), l', m', n' différeront peu, quant à leurs rapports mutuels, de ce qu'ils seraient si a', b', c' étaient nuls; et λ', μ', ν', joints à l'arc du cosinus en t, x, y, z que l'on extraira de l'exponentielle imaginaire figurant dans (5), ne feront qu'établir de petites différences de phase entre les trois composantes du déplacement réel, c'est-à-dire rendre légèrement courbes les trajectoires. De telles perturbations étant sans importance, tout l'intérêt de la question se résume dans l'expression que recevra l'exponentielle à raison de l'équation (9).

» IV. Donnons donc dans celle-ci à L, M, N, comme à A, B, C, leurs formes explicites (4) et (7), que l'on peut écrire $l+\delta L$, $m+\delta M$, $n+\delta N$, $a+\delta A$, $b+\delta B$, $c+\delta C$, où les δ, *entièrement imaginaires, mais très petits, sont assimilables à des différentielles.* Il résultera d'abord de l'égalité des parties réelles, dans les deux membres de (9), l'équation

$$(10)\qquad \frac{a^2l^2}{a^2s^2-1}+\frac{b^2m^2}{b^2s^2-1}+\frac{c^2n^2}{c^2s^2-1}=1,\qquad \text{où}\qquad s^2=l^2+m^2+n^2,$$

équation identique à celle que l'on aurait pour le cristal supposé *transparent* (où $a'=b'=c'=0$). Alors, faisant abstraction d'un facteur réel constant, prenons pour l', m', n' les cosinus directeurs de la vibration, comptée positivement dans un sens convenable; et, si nous posons, pour abréger,

$$(11)\qquad K=\left(\frac{a^2l}{a^2s^2-1}\right)^2+\left(\frac{b^2m}{b^2s^2-1}\right)^2+\left(\frac{c^2n}{c^2s^2-1}\right)^2,$$

les proportions (8) donneront très sensiblement

$$(12)\qquad \frac{a^2l}{a^2s^2-1}=l'\sqrt{K},\qquad \frac{b^2m}{b^2s^2-1}=m'\sqrt{K},\qquad \frac{c^2n}{c^2s^2-1}=n'\sqrt{K}.$$

» En outre, de ces trois formules (12), multipliées par l, m, n et ajoutées, il résultera, en vertu de (10), si V désigne l'angle de la normale aux ondes avec la vibration,

$$(13)\qquad 1=(ll'+mm'+nn')\sqrt{K},\qquad \text{ou}\qquad \sqrt{K}=\frac{\omega}{\cos V},$$

relation montrant que l'angle V est aigu.

» V. Il reste à égaler à zéro la petite partie imaginaire du premier membre de (9), partie assimilable à la différentielle totale de ce premier membre, pour laquelle on trouve aisément (au facteur près -2)

$$(14)\qquad \left(Kl-\frac{a^2l}{a^2s^2-1}\right)\delta L+\ldots+\left(\frac{a^2l}{a^2s^2-1}\right)^2\frac{\delta A}{a^3}+\ldots.$$

» Annulons-la donc; puis servons-nous, pour y introduire les cosinus directeurs (l', m', n') de la vibration et ω, des formules (12) et de la dernière (13), en substituant d'ailleurs à l, m, n, dans les produits Kl, Km, Kn, les quotients de $\cos(\alpha, \beta, \gamma)$ par ω. Nous aurons

$$(15) \qquad (\cos\alpha - l'\cos V)\,\delta L + \ldots = -\,\omega\left(l'^2\frac{\delta A}{a^3} + m'^2\frac{\delta B}{b^3} + n'^2\frac{\delta C}{c^3}\right).$$

» Remplaçons enfin, dans celle-ci, les δ de L, M, N, A, B, C par les petites parties imaginaires des expressions (4), (7); et il viendra pour f, en appelant V', V'' les deux angles respectifs faits, avec la perpendiculaire (λ, μ, ν) aux plans d'égale amplitude, par la vibration (l', m', n') et par la normale $(\cos\alpha, \cos\beta, \cos\gamma)$ aux ondes, la formule capitale

$$(16) \qquad f = \omega\,\frac{a'\,l'^2 + b'\,m'^2 + c'\,n'^2}{\cos V'' - \cos V \cos V'} = \omega\,\frac{a'\,l'^2 + b'\,m'^2 + c'\,n'^2}{\sin V \sin V' \cos U}.$$

» Le troisième membre se déduit du second, par le théorème fondamental de la trigonométrie sphérique, en substituant à $\cos V'' - \cos V \cos V'$, le produit des sinus des angles V, V' de la vibration avec les deux normales aux ondes et aux plans d'égale amplitude, multiplié par le cosinus du dièdre U compris entre les plans de ces deux angles V, V'.

» Telle est donc l'expression du *coefficient d'extinction* ou *d'absorption* f. On voit que le rôle prépondérant y revient, comme l'avait pensé Fresnel, à la direction (l', m', n') de la vibration, direction à partir de laquelle se comptent les angles plans V, V' et autour de laquelle se mesure le dièdre U des plans de ces angles. »

PHYSIQUE. — *Sur la déviabilité magnétique et la nature de certains rayons émis par le radium et le polonium.* Note de M. **Henri Becquerel**.

« On sait que le rayonnement des corps radioactifs se compose de plusieurs sortes de rayons. Dans le rayonnement émis par le radium, une partie, fortement déviable par un champ magnétique, est identique aux rayons cathodiques. L'autre partie, réputée jusqu'ici non déviable, se compose de deux catégories, l'une formée de rayons très pénétrants, l'autre de rayons très absorbables.

» Dans une publication récente [1] M. E. Rutherford vient d'annoncer

---

[1] *Physikalische Zeitschrift*, n° 8, p. 235, 15 janvier 1903.

que cette dernière partie du rayonnement du radium, que l'auteur appelle les rayons α, est très faiblement déviable par un champ magnétique intense, et rejetée en sens contraire de la déviation des rayons cathodiques. Ces rayons sont alors assimilables aux rayons canaux (*Kanalstrahlen*) observés par Goldstein dans les tubes vides traversés par des décharges électriques, assimilation déjà énoncée comme hypothèse par M. Strutt et par sir W. Crookes.

» M. E. Rutherford, avec une grande habileté, et par une méthode électrique relativement grossière, a reconnu un phénomène d'une extrême délicatesse. Cependant la méthode employée laisserait prise à diverses objections et à un doute sur l'existence du phénomène en question si l'on n'en apportait pas d'autre preuve. L'une des objections résulte de la disposition expérimentale qui fait traverser des espaces laminaires par un rayonnement dont la partie cathodique est rejetée sur les parois, et les rayons secondaires qui en résultent peuvent donner lieu à des effets dans le sens observé par M. Rutherford.

» Je me suis alors proposé de mettre en évidence le phénomème par une expérience plus simple et plus sûre. J'ai eu recours à l'une des dispositions photographiques que j'emploie depuis longtemps et qui permettent certaines distinctions qui n'apparaissent pas toujours quand on emploie exclusivement la méthode électrique.

» L'expérience a été disposée comme il suit :

» La matière active a été placée dans une rainure linéaire creusée dans un petit bloc de plomb. Au-dessus de cette source, à une distance a, d'environ 1^{cm}, on a disposé un écran métallique formé de deux lames laissant entre elles une fente parallèle à la rainure, puis au-dessus une plaque photographique non enveloppée. Le tout est placé dans le champ d'un électro-aimant, la fente étant mise parallèlement au champ.

» Si la plaque photographique est parallèle à la fente, on observe sur celle-ci une impression d'autant plus diffuse que la plaque est plus éloignée de la fente; la distance ne doit pas dépasser 1^{cm} ou 2^{cm}, en raison de l'absorption par l'air et de la diffusion des rayons étudiés. Si, pendant la pose, le champ magnétique est excité d'abord dans un sens, puis dans l'autre, on observe, en révélant l'épreuve, deux images du faisceau, ce qui montre que celui-ci a été dévié d'abord dans un sens puis dans l'autre. Les épreuves que je présente à l'Académie montrent un écart d'environ 1^{mm} entre les deux images.

» Pour avoir le sens de la déviation on peut établir d'abord dans

l'électro-aimant un champ très faible qui provoque une impression dans laquelle les rayons α sont très peu déviés et sont accompagnés, d'un côté, de la trace du spectre cathodique. Cette image peut être reçue sur une moitié de la plaque, l'autre moitié étant couverte par un écran métallique; puis on déplace l'écran de manière à protéger la partie qui vient d'être impressionnée et on établit un champ très fort, supérieur à 10000 unités C.G.S. Les rayons cathodiques déviés par ce champ n'atteignent plus la plaque et l'impression obtenue se compose d'une bande qui s'écarte de la première trace des rayons α du côté opposé à celui où est l'image du premier spectre cathodique. L'existence de la déviation et le sens de cette déviation sont donc tout à fait conformes au résultat des expériences de M. Rutherford.

» Si le champ est uniforme et si l'on connaît la distance a de la source à la fente ainsi que la distance b de la fente à la plaque, la mesure de la déviation donne le rayon de courbure des trajectoires des rayons déviés.

» J'ai obtenu également des résultats d'une très grande netteté en plaçant au-dessus de la fente une plaque photographique inclinée, normale au plan du faisceau non dévié, et reposant sur l'écran métallique qui constitue la fente. Avec un angle d'inclinaison de 60° à 70° de la plaque photographique sur l'écran horizontal, on obtient, en opérant avec le champ magnétique inversé, comme il a été dit plus haut, des traces qui peuvent être extrêmement fines et nettes et qui vont en divergeant depuis le point où la plaque est en contact avec la fente. Ces traces qui dans un champ uniforme seraient des arcs d'ellipse d'un grand rayon, sont pratiquement presque droites dans le voisinage de la fente; si le champ n'est pas uniforme, ces lignes sont déformées.

» Je présente à l'Académie plusieurs épreuves dans lesquelles ces lignes divergentes, qui ont quelques centièmes de millimètre de largeur, se prêtent très bien à des mesures assez précises.

» L'aspect de ces lignes ne semble pas montrer de dispersion sensible ou du moins de dispersion qui soit de l'ordre de grandeur de la déviation, comme cela s'observe pour les rayons cathodiques.

» Si l'on connaît assez exactement l'inclinaison de la plaque on peut en déduire la hauteur b d'un point déterminé de la plaque au-dessus de la fente, où l'on constate une déviation déterminée, et l'on peut calculer la valeur du rayon de courbure de la trajectoire correspondante comme avec les épreuves parallèles à la fente. Cette manière d'opérer offre l'avantage de permettre de relever sur une même épreuve des déviations à

diverses distances de la fente, et de contrôler la constance du champ par la constance des résultats obtenus.

» J'ai fait par ce procédé quelques mesures préliminaires avec un électro-aimant, système Weiss, dont les armatures coniques se terminaient par de petites surfaces planes de 1^{cm} de diamètre.

» Pour une épreuve, la distance a étant $11^{mm},1$, on a obtenu, à des distances au-dessus de la fente égales à $1^{mm},374$, $1^{mm},117$ et $0^{mm},916$, des déviations de $0^{mm},0941$, $0^{mm},0786$ et $0^{mm},0649$ entre les deux faisceaux divergents. On en déduit, pour le rayon de la trajectoire circulaire, les valeurs $R = 18^{cm},22$, $17^{cm},37$ et $16^{cm},97$. Ces valeurs sont variables parce que le champ utilisé n'est pas rigoureusement uniforme. Ce champ s'étend à quelques millimètres en dehors de l'espace compris entre les parties planes qui, dans l'expérience, étaient distantes de $9^{mm},6$.

» On a obtenu une valeur approchée du champ par la rotation du plan de polarisation de la lumière au travers d'un petit morceau de verre à faces planes, dans une direction faisant un angle de 22° environ avec la normale du champ. On a ainsi trouvé, pour les conditions de l'expérience, et pour un courant de 8 ampères, une intensité $H = 12700$ unités C. G. S.

» Le produit $RH = 215900$ est plus petit que celui qui a été indiqué par M. Rutherford, mais il est cependant du même ordre de grandeur.

» Des expériences ultérieures nous permettront de donner des nombres plus précis. Il semble bien toutefois que l'on puisse, comme l'a fait M. Rutherford, assimiler les rayons α du radium aux *Kanalstrahlen* qui transportent des charges positives avec des masses plus grandes et des vitesses moindres que celles des rayons cathodiques.

» J'avais reconnu autrefois le premier exemple de rayons non déviables avec le polonium, dont le rayonnement très absorbable offre la plus grande analogie avec les rayons α dont M. et Mme Curie ont découvert la coexistence simultanée avec des rayons déviables dans le rayonnement du radium.

» Il était très important de vérifier si ces rayons du polonium se comportent comme les rayons α du radium. Malheureusement, les échantillons de polonium qui ont servi aux expériences de 1900 sont aujourd'hui complètement inactifs. M. et Mme Curie ont eu l'obligeance de me prêter, en vue de l'expérience actuelle, quelques grains d'une préparation de polonium métallique qui, après avoir possédé une activité comparable à celle du radium, est aujourd'hui notablement affaiblie.

» Les expériences avec ce corps sont rendues très difficiles par la nécessité où l'on est, pour obtenir des épreuves d'une intensité suffisante,

de prolonger la pose pendant une dizaine d'heures. L'électro-aimant ne peut supporter sans s'échauffer un courant de 8^{amp} pendant un temps aussi long; il a fallu réduire le courant à 5^{amp}.

» Dans ces conditions les rayons α du radium manifestent encore un dédoublement assez net, mais pour le polonium, la diffusion et la faiblesse des images, plus grandes dans le champ magnétique qu'en dehors, n'ont pas permis de constater nettement si ses rayons étaient déviés. Cependant ces caractères tendraient à indiquer l'existence d'une déviabilité du même ordre que celle des rayons α du radium. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'emploi d'un fil télégraphique pour l'inscription des tremblements de terre et la mesure de leur vitesse de propagation.* Note de M. G. **Lippmann.**

« La récente publication des Comptes rendus de la Commission sismique permanente de Saint-Péterbourg (1) appelle de nouveau l'attention des physiciens sur le problème difficile de l'étude graphique des tremblements de terre, et de la mesure de leur vitesse de propagation.

» Les nombreux (2) appareils imaginés pour cet usage paraissent présenter encore certains desiderata. Il est nécessaire, d'abord, pour que la courbe tracée par un sismographe se mesure facilement, que l'inscription se fasse sur un papier animé d'une vitesse suffisante. Les appareils où le tambour est en mouvement nuit et jour n'avancent que de $\frac{1}{20}$ à $\frac{2}{20}$ de millimètre par seconde, ce qui est trop peu. Par contre, si l'on accroît la vitesse, on est obligé, pour raison d'économie, d'employer un appareil qui ne marche que pendant la durée des secousses. Il faut donc déclencher le moteur qui entraîne le tambour inscripteur quelques secondes *avant* le commencement du phénomène. Cette avance est indispensable parce que le moteur ne prend son mouvement uniforme de régime qu'au bout de quelques secondes. Il y a donc là un premier desideratum et une première difficulté, car nul ne sait prévoir, plusieurs secondes d'avance, qu'il va se produire un tremblement de terre.

» Pour résoudre le problème je propose de faire usage de stations A,

---

(1) *Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg.* 1re livraison; 1901.

(2) M. le Prince Galitzin en compte 200 formes différentes. (*Ibid.*

B, C, séparées par des intervalles de plusieurs kilomètres, et reliées entre elles par un fil électrique; à la station de tête, en A, on place un simple avertisseur; en B et C, les divers appareils à inscription dont on veut faire usage. L'avertisseur est une pièce mobile munie d'un contact électrique qui fonctionne dès que le premier choc sismique arrive en A. La fermeture du contact envoie dans le fil de ligne le courant d'une pile suffisamment puissante; ce courant sert à déclencher simultanément tous les appareils inscripteurs installés aux stations B et C. Il s'ensuit que ce déclenchement se fait avant l'arrivée du séisme aux stations B et C, car le courant ne met qu'un temps très faible à parcourir la ligne télégraphique; au contraire, la secousse terrestre se propage avec une vitesse qui est seulement de l'ordre de la vitesse du son; il lui faut donc, pour passer de A en B et en C, un nombre de secondes d'autant plus grand que les distances parcourues sont plus considérables. L'avance au déclenchement se trouve ainsi obtenue.

» Le même dispositif peut être utilisé pour mesurer la vitesse de propagation du tremblement de terre.

» Au moment où la secousse arrivant en A fait fonctionner l'avertisseur, le courant lancé dans la ligne, et destiné à déclencher les appareils inscripteurs, met en jeu un chronomètre électrique, c'est-à-dire que, par un dispositif auxiliaire facile à imaginer, il établit une communication électrique entre la ligne et un chronomètre électrique. Cet instrument bat électriquement les secondes; il se met donc à envoyer à chaque seconde un courant sur la ligne télégraphique. Les signaux chronométriques ainsi produits s'enregistrent sur les appareils inscripteurs installés aux stations B et C. Dès lors, les diagrammes portent les secondes inscrites en abscisses, à partir d'une origine commune. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Résultats principaux obtenus en 1902 sur les vitesses radiales des étoiles. Causes d'erreur spéciales à ces recherches.* Note de M. **H. Deslandres**.

« En 1902, la grande lunette double de Meudon a été employée presque exclusivement à des recherches spectrales qui ont porté, au début, sur la rotation des planètes et ensuite sur les vitesses radiales des étoiles. Déjà, dans deux Notes précédentes [1], j'ai exposé les résultats de la première

---

(1) *Méthode spectrale capable de fournir la loi de rotation encore inconnue des*

étude relative aux planètes. Je donne, dans la Note actuelle, les principaux résultats obtenus sur les étoiles : en réalité, je signale seulement les étoiles qui ont montré des variations bien nettes de vitesses radiales ou des particularités curieuses.

» θ *Aigle*. — Cette étoile blanche (groupe VII*a* de Pickering) a un spectre simple qui offre seulement les raies de l'hydrogène assez larges et quelques raies métalliques fines, en général faibles. Parmi ces dernières, la seule qui se prête à un bon pointé est la raie λ 448,1, attribuée au magnésium; aussi a-t-elle été employée pour la mesure de la vitesse, de préférence aux raies de l'hydrogène.

» Deux épreuves spectrales de l'étoile faites en 1901 avaient donné des vitesses différentes; aussi l'étude a été reprise en 1902 et poursuivie pendant plusieurs mois. Le Tableau suivant résume les premières mesures, qui sont seulement relatives :

Dates.	Vitesses mesurées.	Dates.	Vitesses mesurées.
	km		km
2 juillet 1901	— 3,3	17 oct. 1902	—59,8?
17 juillet 1901	+20,4	24 oct. »	—37,6
2 août 1902	—15,6	25 oct. »	—20,8
7 août »	—50,1	29 oct. »	+24,9
9 août »	—60,1	31 oct. »	—58,5
20 août »	—19,8	3 nov. »	—62,4
27 août »	—54,4	15 nov. »	— 4,1
17 sept. »	—53,3	17 nov. »	—39,5
18 sept. »	—50,3	18 nov. »	—63,5
19 sept. »	—57,4	22 nov. »	—61,1
22 sept. »	—39,2	2 déc. »	—12,4
27 sept. »	—35,6	4 déc. »	—29,4
6 oct. »	—45,0?	11 déc. »	—68,5

» Les variations de vitesse sont considérables et se reproduisent tous les 17 jours.

» Dans un premier essai, ces vitesses précédentes ont été ramenées à une même période supposée égale à 16^{jours},7 et ont donné une courbe des vitesses qui, dans son ensemble, a paru assez régulière. On lui a appliqué les mesures et les calculs de Lehman-Filhès, qui permettent de

---

planètes à faible éclat. Vérifications de la méthode. Premiers résultats (*Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 228) et *Recherches spectrales sur la rotation de la planète Uranus* (*Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 500).

déterminer certains éléments de l'orbite de l'étoile, et l'on a trouvé une excentricité voisine de 0,60. Mais ces résultats sont présentés seulement comme provisoires; cette partie de la question devant être discutée et développée ultérieurement.

» De plus, l'examen de la courbe et des vitesses mesurées à des dates rapprochées conduit à supposer l'existence d'une période plus courte, voisine de 3 jours et superposée à la première. Mais cette seconde période est très douteuse; car la précision de la mesure, basée sur une seule raie, est faible, et la raie elle-même a des variations de netteté, attribuables le plus souvent aux variations atmosphériques, si fréquentes dans notre pays (1). Ce dernier point sera éclairci par une nouvelle série d'épreuves très rapprochées, faites avec un appareil plus dispersif, et dans des conditions uniformément favorables.

» En résumé, l'étoile θ Aigle, notée jusqu'à présent comme simple et non variable, est au moins double (2). Elle est la première étoile blanche du type VII qui présente des variations de vitesse et soit signalée comme double spectroscopique; les observateurs, il est vrai, ont surtout jusqu'à présent étudié les étoiles jaunes qui se prêtent à des mesures plus précises.

» φ *Persée*. — Cette étoile blanche a été signalée dans une circulaire récente par Campbell comme ayant des vitesses variables. Nos observations, condensées dans le Tableau ci-dessous, ont donné le même résultat :

Dates.	Vitesses mesurées.	Dates.	Vitesses mesurées.
	km		km
14 oct. 1899.......	−15,2	25 août 1902.......	+ 5,6
21 févr. 1902......	+ 3,2	28 août »	+ 4,0
6 mars »	−20	1er sept. »	+11,0

» Cette étoile a un spectre curieux qui présente les raies de l'hydrogène

---

(1) Avec une atmosphère agitée, les images sont mauvaises, et l'épreuve spectrale est peu nette et peu intense. On a dû ainsi rejeter plusieurs épreuves non portées sur le Tableau.

Les épreuves du 22 septembre et du 6 octobre montrent la raie 448 nettement doublée; mais on n'a pas décidé s'il y avait un renversement ou la superposition de deux spectres similaires. Cette remarque est favorable à l'hypothèse d'une étoile multiple. Les mesures du Tableau se rapportent au milieu de la raie simple ou double.

(2) La longueur du chemin parcouru par l'étoile dans la direction du rayon visuel est égale à environ la dixième partie du diamètre de l'orbite terrestre. Mais l'angle que fait le rayon visuel avec l'orbite de l'étoile reste indéterminée; si on le suppose voisin de 45°, les deux composantes de ce système double ont un faible écartement; ce qui est le caractère habituel des étoiles doubles spectroscopiques.

brillantes avec un renversement central; ce qui annonce une atmosphère relativement beaucoup plus intense que l'atmosphère de notre Soleil. Les mesures ont été faites sur la raie fine et nette au milieu de la raie brillante; et les mouvements radiaux constatés se rapportent ainsi à l'atmosphère même de l'étoile.

» ψ *Persée* est une étoile blanche qui offre aussi les raies de l'hydrogène brillantes, mais superposées à de très larges raies noires. De plus, la raie brillante (au moins avec $H\gamma$ et $H\delta$) est elle-même large et présente plusieurs renversements noirs, très espacés, exactement comme les étoiles temporaires et, en particulier, l'étoile temporaire de la même constellation, apparue en 1900. Cette analogie avec les phénomènes spéciaux des étoiles temporaires est digne de remarque.

» Les épreuves précédentes ont été obtenues et mesurées avec le concours de M. Millochau, aide astronome, de MM. Burson et d'Azambuja, assistants.

» Le spectrographe employé, d'autre part, a été décrit déjà succinctement dans une Note des *Comptes rendus* de 1900 (1). Il comporte plusieurs groupements de prismes et de lentilles assurant des dispersions différentes. Or, dans les recherches précédentes, on a utilisé la dispersion moyenne fournie par deux prismes de 60° en flint léger, avec des lentilles de chambre, dont les distances focales sont $0^{m},49$ et $0^{m},58$, les déplacements en kilomètres par seconde pour 1 micron étant respectivement $1^{km},7$ et $1^{km},4$.

» Le spectrographe est entièrement en acier, sauf la chambre et les châssis, qui, construits auparavant en cuivre, ont été conservés par raison d'économie, mais seront remplacés prochainement par des pièces également en fer ou acier. Pour la même raison d'économie, il n'a pas encore un organe spécial qui assure automatiquement la constance de la température, bien que j'aie le premier réclamé et appliqué un tel organe, à l'Observatoire de Paris. Mais la présence à Meudon d'une coupole munie d'un revêtement intérieur en bois, et trois couches superposées de laine, bois et laine autour du spectrographe, limitent beaucoup les écarts de température, dont l'effet est d'ailleurs mesuré et corrigé par les spectres terrestres dits *témoins*, déjà décrits dans une Note de 1894.

» La source terrestre est l'étincelle d'un alliage de fer et de titane, aimablement fourni par M. Moissan. Elle est projetée sur la fente, de

---

(1) *Variations rapides de la vitesse radiale de l'étoile d'Orion* (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 379).

chaque côté de l'étoile, au milieu de la pose; elle est aussi projetée au commencement et à la fin de la pose sur un autre point de la fente, et de manière que les trois spectres terrestres ainsi obtenus soient juxtaposés. Ces derniers forment les spectres dits *témoins*, qui enregistrent tous les déplacements accidentels du spectre, autres que le déplacement réel à mesurer, du commencement au milieu, et du milieu à la fin de la pose. Lorsque les déplacements des spectres témoins sont trop grands, la plaque est rejetée.

» *Causes d'erreurs spéciales à ces recherches.* — Cette question préoccupe actuellement les astronomes qui sont frappés par les divergences que présentent les résultats de plusieurs observateurs sur une même étoile. L'année dernière, le professeur Frost, de l'observatoire Yerkes, a proposé que les six ou sept observatoires organisés pour cette étude unissent leurs efforts et recherchent en commun les causes d'erreur inhérentes à ces observations nouvelles. Il demande que plusieurs étoiles désignées à l'avance soient photographiées par tous à peu près au même moment, et que les mesures et les modes opératoires soient ensuite comparés. L'observatoire de Meudon a adhéré à ce programme qui peut donner d'excellents résultats, malgré la difficulté grande de comparer des observations faites dans des conditions assez diverses.

» Déjà, dans deux Mémoires antérieurs ([1]), j'ai discuté les erreurs propres à ces recherches spectrales, et j'ai résumé ainsi les conditions nécessaires à une haute précision : égalité complète (d'ouverture, de composition, et en général de toutes les conditions) des deux faisceaux de l'étoile et de la source terrestre qui sont à comparer, et, en particulier, invariabilité de la température pendant la pose du spectrographe, ou même pendant les 24 heures ([2]).

» Or, la seconde condition est toujours réalisable, au moins avec une dépense suffisante; mais la première condition, qui résume en réalité toute une série de conditions secondaires très diverses, est souvent impossible à remplir dans tous ses détails. Par exemple elle est en défaut lorsque

---

([1]) *Causes d'erreur dans la recherche des vitesses radiales des astres. Importance de l'erreur de température. Méthodes de correction* (*Bulletin astronomique*, février 1898) et *Remarques sur les méthodes employées dans la détermination des vitesses radiales des étoiles* (*Astronomische Nachrichten*, n° 3530, 1899).

([2]) Cette seconde condition est imposée par la longue pose de l'étoile (1 heure en moyenne), alors que la pose de la source terrestre est au plus de quelques minutes.

les images stellaires, à cause de l'agitation atmosphérique, sont élargies et troublées, ce qui est très souvent le cas dans notre pays. Comme la fente du spectrographe a une largeur au plus égale au diamètre de l'image stellaire théorique, une partie seulement du faisceau de l'étoile pénètre alors dans l'appareil, et l'égalité des deux faisceaux à comparer est détruite.

» Des écarts notables sont aussi attribuables aux différences des conditions optiques et même mécaniques, dans les appareils des diverses stations, et en particulier au mode adopté pour maintenir et diriger l'étoile sur la fente du spectrographe.

» L'image stellaire ne reste, en effet, jamais très longtemps sur le milieu de la fente; les imperfections du mécanisme, la réfraction, les flexions de la monture l'écartent de cette position, et il faut la ramener fréquemment, mais de manière que la position moyenne de l'étoile soit sur le milieu de la fente. Cette dernière condition, qui est essentielle, n'est pas toujours facile à remplir (1).

» D'ailleurs, au point de vue de la conduite de l'étoile, les lunettes qui, comme celle de Meudon, subissent de très fortes flexions, présentent une cause d'erreur qui n'a pas encore été signalée, à ma connaissance. Les variations de la fléxion, avec cette lunette, sont, en effet, telles qu'elles commandent le déplacement de l'étoile sur la fente. L'observateur subit en général ce déplacement et le rend seulement oscillatoire, en ramenant l'étoile d'un côté à l'autre de la fente; car il doit laisser pénétrer successivement et également dans l'appareil les différentes parties de l'image, plus ou moins large suivant les cas.

» La lunette de Meudon a aussi des vibrations très fortes qui imposent un autre déplacement, dirigé en général dans le sens de la fente, mais utile en ce sens qu'il donne au spectre la hauteur nécessaire. L'observateur, avec cette lunette, doit simplement maintenir la position moyenne de l'étoile sur le point milieu de la fente; les flexions et les vibrations font le reste.

---

(1) J'ai pensé à organiser un contrôle spécial pour vérifier que cette condition est remplie. L'observateur dirige l'étoile avec une lunette auxiliaire qui donne les images de la fente et de l'étoile sur la fente. Or, sur le trajet du faisceau lumineux de cette lunette, on place une lame transparente en verre, à faces parallèles, inclinée à 45°, qui renvoie une partie du faisceau vers un appareil photographique. Les deux images agrandies sont photographiées avec des plaques peu sensibles, la pose étant exactement la pose de l'étoile.

» Mais la fente et le déplacement dus à la flexion font un angle variable, (parfois de 0° à 90°) pour les diverses positions d'une même étoile dans le ciel; même il arrive que, dans une même pose, le haut et le bas de la fente ne reçoivent pas la lumière de la même façon. Bref, avec une même étoile, dans une même station et *a fortiori* dans des stations différentes, la conduite de l'étoile sur la fente peut ne pas être exactement la même.

» Il faudrait que le déplacement dû à la flexion *f* fût toujours perpendiculaire à la fente pour toutes les positions de la lunette. Aussi je suis conduit à réclamer pour les équatoriaux un nouvel organe qui, à la volonté de l'observateur, produise de petites variations immédiates et rapides de leur vitesse de rotation. On a déjà des organes spéciaux dits *de rappel* ou de mouvements lents qui déplacent légèrement la lunette; mais, dans le cas actuel, ils sont insuffisants. Le nouvel organe, qui devrait être aussi commode et maniable que les précédents, agirait soit sur l'appareil d'entraînement, soit par la transmission à la vis tangente, de manière à modifier non plus l'angle de l'axe de rotation, mais la vitesse de cet angle. Il ne semble pas très difficile à réaliser, surtout par les moyens électriques, et il serait très utile pour les recherches de vitesse radiale, et aussi pour la photographie ordinaire des astres, des planètes et comètes principalement.

» En résumé les causes d'erreur sont nombreuses. Pour les mieux étudier, j'ai trouvé avantage à les diviser en groupes de la façon suivante, d'après leurs caractères principaux et la facilité plus ou moins grande de les éviter.

» 1° Défauts optiques et mécaniques de la lunette et du spectrographe, dont l'influence mauvaise est permanente. Leur suppression se heurte parfois à l'obstacle d'une grande dépense.

» 2° Mauvaise position relative de l'objectif, des sources terrestres et du spectrographe. Un réglage préalable et la détermination des distances focales exactes, en fonction de la température, permettront toujours de supprimer cette cause d'erreur.

» 3° Variation du spectrographe pendant la pose. Le changement de température, la flexion, un déplacement de pièces sont à craindre, mais peuvent être évités avec une dépense suffisante. D'ailleurs les erreurs correspondantes sont étudiées aisément avec les méthodes que j'ai décrites en 1898, et sont corrigées facilement avec les spectres terrestres dits *témoins*, qui sont utiles dans tous les cas comme assurant un contrôle efficace.

» 4° Conduite mauvaise de l'étoile sur la fente et mauvais état de

l'atmosphère. La première cause est difficile à contrôler, la seconde est absolument inévitable.

» Ces deux causes, et la seconde surtout, pourront toujours donner des écarts dans les mesures d'une même étoile faites dans la même station et dans des stations différentes. »

ASTRONOMIE. — *Sur les deux dernières comètes.* Note de M. **Perrotin.**

« Deux comètes ont été récemment trouvées ou retrouvées à l'Observatoire de Nice, par M. Giacobini, avec l'équatorial coudé de M. Lœwy.

» La première, celle du 2 décembre 1902, est nouvelle. Son aspect est celui d'une nébulosité de 0′,7 de diamètre. Quoique faible, elle est facilement observable et le sera encore jusqu'à la fin du mois de mai.

» La détermination de ses éléments, qui n'allait pas sans difficulté, la méthode générale se trouvant ici en défaut, a été faite, en premier lieu, par M. Fayet, de l'Observatoire de Paris.

» L'éphéméride qu'il en a déduite avait pour correction, à la date du 21 janvier, d'après M. Javelle :

$$\Delta\alpha = -4^s,6, \qquad \Delta\delta = +1',2.$$

» La deuxième comète a été entrevue le 15 janvier et observée seulement à partir du 19.

» C'est une nébulosité à peu près circulaire de 2′ de diamètre. Elle est plus belle que la précédente, mais son éclat va en diminuant.

» Les éléments, déduits par M. Giacobini des observations faites, à Nice, les 19, 20 et 21 janvier, rendent assez vraisemblable l'identité de cet astre avec la comète Tempel-Swift dont le retour est actuellement attendu.

» On sera définitivement fixé sur ce point quand on disposera d'éléments basés sur des observations répondant à un arc héliocentrique de quelque étendue. »

EXPÉDITIONS SCIENTIFIQUES. — *Sur la quatrième campagne de la « Princesse Alice II ».* Note de S. A. S. le Prince **Albert Ier de Monaco.**

« Ma campagne scientifique de 1902, la quinzième de la série entière, comprend quelques opérations dans la Méditerranée, suivies d'une croisière de 2 mois sur l'Atlantique Nord. Le personnel des laboratoires comprenait MM. Buchanan, de l'Université de Cambridge, et Sauerwein, enseigne de vaisseau français, pour l'Océanographie; Jules Richard,

directeur du Musée océanographique de Monaco, et le Dr Neveu-Lemaire pour la Zoologie; le Dr Portier, de la Sorbonne, pour la Physiologie et la Microbiologie; Gabriel Bertrand, de l'Institut Pasteur, pour certaines recherches de Chimie animale.

» *Océanographie.* — 11 expériences avec le piézomètre ont été faites par M. Buchanan, dans l'Atlantique, jusqu'à la profondeur de 5550^m.

» J'ai exécuté, avec le concours de M. Sauerwein, les opérations suivantes : 100 sondages au moyen du tube sondeur Buchanan jusqu'à la profondeur de 5943^m, comprenant 48 prises d'échantillons du fond et de l'eau en contact avec lui ainsi que la température correspondante de ces derniers; 2 prises d'échantillon du fond au moyen de tubes de 2^m; 50 sondages au moyen de lests suifés; 5 prises d'échantillon d'eau à diverses profondeurs jusqu'à 5943^m et au moyen de la bouteille Buchanan, principalement pour servir aux recherches de l'arsenic par M. Gautier; 4 séries verticales complètes de prises d'échantillon de l'eau (avec sa température) située entre la surface et le fond jusqu'à 5830^m, au moyen de plusieurs bouteilles Richard.

» De nouveaux sondages sur le banc Princesse-Alice, découvert par moi aux Açores en 1896, ont permis de lui attribuer une étendue beaucoup plus grande qui dépasse maintenant 215^{km} de circonférence.

» Au point situé par 36°6′ de latitude N et 10°16′ de longitude W, vers 95 milles dans l'ouest du détroit de Gibraltar, une température de 9°,4 a été trouvée sur un fond de 1473^m, tandis que la température normale de ce niveau dans l'Atlantique ne dépasse pas 4°,5. Il semble que la sonde ait touché une des branches par lesquelles se déversent les eaux sursaturées de la Méditerranée, car cette température de 9°,4 constitue une moyenne entre le minimum de 13° de cette mer et le maximum normalement fourni pour 1473^m par l'Océan.

» Un autre sondage intéressant m'a permis d'établir, par la température qu'il rapportait, la présence d'une fosse profonde entre les îles de São Miguel et de Terceira, aux Açores. Cette température, trouvée de 5° à une profondeur de 3075^m alors que, dans le milieu de l'Atlantique, une profondeur semblable fournirait une température de 3°, faisait présumer que les eaux environnantes du même niveau étaient séparées de cette fosse par une barrière. Et, de fait, la continuation du travail a montré l'existence d'un seuil qui ne s'abaisse pas au-dessous de 1500^m environ et ferme de toutes parts la dépression que j'ai nommée *fosse de l'Hirondelle,* en n'y laissant parvenir que des eaux de 5°, normales pour le niveau du seuil.

» *Zoologie.* — Vingt dragages opérés avec différents chaluts et jusqu'à la profondeur de 5930^m ont procuré de nombreux animaux. Sur le banc Joséphine, situé en plein Atlantique par 36°41′ latitude N et 16°32′ longitude W, l'un d'eux a révélé la présence d'une quantité prédominante d'Alcyonnaires atteignant 1^m de longueur : *Scirpearia flagellum* avec *Scirpearia ochracea*, formant une véritable forêt : nouvel exemple d'un fait dont j'ai déjà parlé à propos des espèces qui s'approprient certaines localités du domaine maritime. Il s'y trouvait aussi beaucoup de Spongiaires, d'Ophiures et de Crustacés, notamment un *Inachus* à pattes violettes.

» Une station à 4275^m de profondeur entre le banc Joséphine et les Açores fournit plusieurs espèces très rares : des Holothuries, *Pseudostichopus villosus*, portant un parasite externe semblable à une Actinie fermée, ce qui établit un cas ignoré, jusqu'ici,

de commensalisme d'un Cœlentéré avec un Echinoderme; de beaux spécimens de Stellérides, *Hymenaster Giboryi, Paragonaster subtilis, Plutonaster* et *Hyphalaster* peut-être nouveau.

Vers 6 milles dans le sud de São Miguel des Açores, et par la profondeur de 1187^m, j'ai obtenu la magnifique Crevette rouge *Aristeus splendens* et de nombreux Poissons parmi lesquels *Bathygadus melanobranchus* perdait ses écailles tandis que *Macrurus æqualis* gardait les siennes.

» Dans la fosse de l'*Hirondelle* (par 38°6′ lat. N et 28°34′ long. W) plusieurs cailloux basaltiques altérés dont l'un pèse 28^{kg} ont été ramenés de 3018^m.

» A 3 milles au nord de Fayal et par 950^m de profondeur, une tonne de ponces accompagnait beaucoup d'animaux dragués, au nombre desquels figuraient encore l'*Aristeus splendens* et certains Poissons rares.

A 3 milles dans le nord de São Jorge, et par une profondeur de 1095^m, un mâle adulte d'*Aristeus splendens* est capturé pour la première fois.

Sur un point situé par 42°53′ latitude N et 30°51′ longitude W le chalut a ramassé de grands Polypiers morts, recouverts d'un produit manganésifère, et paraissant être le *Desmophyllum ingens* de Moseley, une Éponge morte (*Eurete*) et un Poisson bathypélagique voisin du *Cyclothone elongata,* muni d'organes lumineux.

» Les nasses ont pris notamment et à 1350^m de profondeur, non loin de la Corse, différents Poissons dont un *Centrophorus squamosus* qui a donné aussitôt sept petits; deux autres sont nés plus tard dans les aquariums du Musée océanographique de Monaco. Les premiers ont vécu plusieurs heures, les autres sont mort-nés; la mère a vécu près de 3 jours.

» Les lignes de fond descendues entre 1279^m et 1378^m de profondeur ont rapporté *Centroscymnus cœlolepis, Antimora viola, Mora mediterranea, Sebastes dactylopterus,* un *Raja* et un bras de *Céphalopode* inconnu.

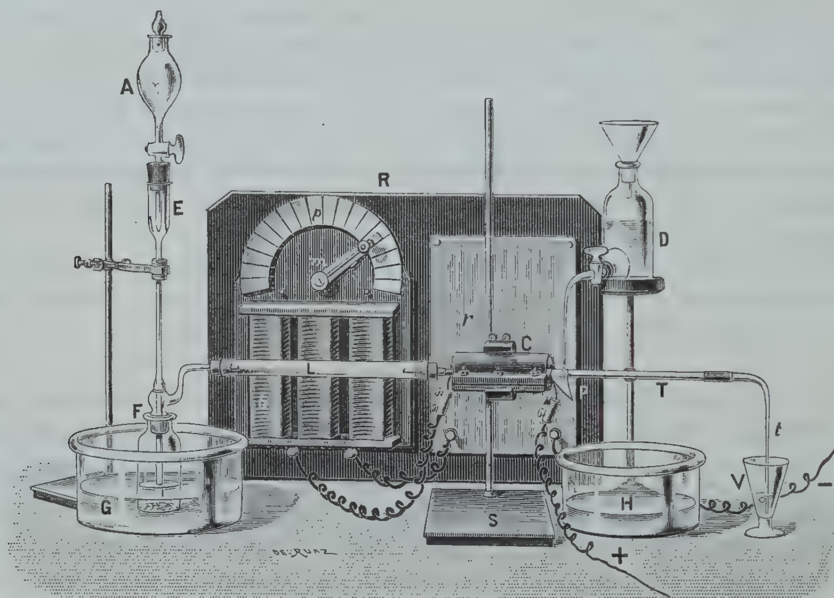
» Si l'on compare les pêches exécutées pendant cette croisière, sur le banc Princesse-Alice situé aux Açores, avec celles exécutées sur le même point pendant les croisières précédentes, ou avec des opérations semblables exécutées quelques semaines plus tôt sur les bancs Gorringe et Joséphine, on trouve que le banc Princesse-Alice, très voisin du lieu qui a vu la rupture d'un câble sous-marin au moment des éruptions de la Martinique, semble totalement abandonné par le poisson.

» Pendant le voyage on a recueilli morts ou mourants, à la surface, plusieurs *Céphalopodes* très rares ou nouveaux (*Taonius pavo, Leachia cyclura,* et un spécimen qui ressemble beaucoup au *Stenoteuthis megaptera*). Enfin, un Mollusque, *Myrina pelagica*, trouvé déjà près du Cap de Bonne-Espérance, creusant la graisse de baleines mortes, a été découvert dans un bloc de graisse flottante.

» J'ai harponné dans la Méditerranée trois Cétacés; deux *Globicéphalus melas* ayant $3^m,95$ et $4^m,92$; un *Orca gladiator* de $4^m,70$ intéressant par

les Cirrhipèdes parasites très rares (*Xenobalanus*) fixés à ses nageoires et à sa queue.

» Mais certaine expérience que je me proposais depuis longtemps de faire pour compléter mes recherches sur l'alimentation des naufragés, présente une importance capitale. A deux reprises, avec du beau temps et du mauvais temps, j'ai posé à la surface de l'Atlantique par 42° 55′ latitude N et 31° 7′ longitude W; ensuite par 43° 8′ latitude N et 22° 2′ longitude W, vers 444^{km} et 722^{km} de toute côte, un trémail flottant construit d'après mes vues; quelques heures ont suffi chaque fois pour que ce filet très simple et très léger capturât une vingtaine de poissons (*Scombreson saurus*, *Trachurus trachurus*, *Cubiceps gracilis*). C'est la révélation d'un monde dont la prodigieuse abondance couvre peut-être la surface de tous les océans.



» Des recherches récentes de M. Armand Gautier avaient établi l'existence de petites quantités d'arsenic chez l'homme et quelques Mammifères, principalement dans la glande thyroïde. Mais ces recherches avaient été contredites par plusieurs savants. En appliquant sa méthode aux animaux capturés pendant la croisière, M. Gabriel Bertrand a pu démontrer d'une manière rigoureuse que l'arsenic est un élément normal de la cellule vivante, qu'on le rencontre à la fois chez tous les animaux et dans tous les organes.

» C'est en modifiant son appareil, comme le montre la figure ci-contre, par la substitution d'une gaine électrique à la petite rampe à gaz, que M. Bertrand a pu exécuter, au cours même du voyage, plusieurs recherches complètes d'arsenic.

» En outre de son intérêt biologique, cette démonstration présente une grande importance au point de vue médico-légal. Elle permet de soutenir, en effet, qu'une trace d'arsenic isolée des viscères humains peut avoir une origine exclusivement normale.

» Le D[r] Portier a relevé la température rectale des Cétacés pris pendant la campagne et il a trouvé que celle d'un Orque, égale à $+36°,7$, n'avait pas varié de $\frac{1}{10}$ de degré 1 heure après l'arrivée de son corps sur le pont du navire.

» La température des Tortues (*Caretta*) a été trouvée supérieure à celle de l'eau, de 0°,6 à 3°. Celle des Thons (*Thynnus alalonga*) dépasse celle de l'eau de 10°; le maximum existait, non pas au niveau du foie, mais dans la masse musculaire dorsale. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de préparer une liste de candidats pour la place d'Associé étranger, vacante par suite du décès de M. *Virchow*.

Cette Commission doit comprendre trois Membres pris dans les Sections de Sciences mathématiques, trois Membres pris dans les Sections de Sciences physiques, et le Président en exercice.

MM. **Maurice Levy**, **Darboux**, **Mascart**, **Roux**, **Chauveau**, **Berthelot** réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un Volume portant pour titre : « Joannis Bolyai in memoriam, Regia Litt. Universitatis hung. Claudiopolitana ».

M. **J. Carpentier** prie l'Académie de le comprendre parmi les candidats à la place d'Académicien libre, vacante par le décès de M. *Damour*.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les éruptions de nuages denses de la montagne Pelée.* Note de M. **A. Lacroix**.

« Depuis ma dernière Note sur les nuages denses, j'ai pu assister de très près à une série d'éruptions de jour et de nuit, qui me permettent de compléter l'étude de cet intéressant phénomène volcanique.

» Le 16 décembre, nous étions en route à bord du *Jouffroy* pour aller voir dans la vallée de la rivière Blanche un appareil que j'y avais placé quelques jours auparavant sur le trajet habituel de ces nuages. Arrivés à environ 2 milles de l'embouchure de la rivière, nous avons vu, à $8^{h}24^{m}$ du matin, un énorme nuage dense descendre de la base de l'aiguille terminale du cône. Plus rapide que les précédents, il marchait avec une vitesse d'environ $1^{km},5$ à la minute; ses volutes, arrivées à la mer, s'élevèrent à plus de 4000^{m}. Les photographies jointes à ma Note représentent les diverses phases du phénomène. Le chemin parcouru a été le même que précédemment, mais il s'est produit une petite branche latérale, dirigée vers la rivière des Pères. Arrivé sur la mer, ce nuage s'est rapidement diffusé, puis a obscurci l'horizon pendant plusieurs heures.

» Dès que l'atmosphère a été suffisamment éclaircie au voisinage de la côte, c'est-à-dire $1^{h}30^{m}$ après l'éruption, j'ai cherché à débarquer au point où le nuage avait touché la côte. Celle-ci est aujourd'hui constituée par des falaises à pic de plusieurs mètres de hauteur, au pied desquelles se trouve un cordon de blocs de lave, derniers restes de la destruction incessante produite par l'action de la vague. Ces blocs étaient recouverts par une couche d'au moins 30^{cm} de cendre blanche. Redoutant la température élevée de celle-ci, nous sommes descendus dans l'eau, l'enseigne Deville et moi, à 1^{m} du rivage; la mer était à une haute température. Après avoir enfoncé jusqu'aux genoux dans un sable volcanique bouillant, nous avons dû réembarquer dans notre canot et renoncer à notre expédition. La température de la cendre, prise sommairement à l'aide d'un thermomètre-fronde, était de 115° C.

» Nous avons alors longé la côte; la vague en mouillant la cendre la transformait en une boue en ébullition tumultueuse; la surface de la cendre sèche, non atteinte par la vague, était couverte de petites cavités cratériformes, dans lesquelles la cendre fine bouillonnait avec rapidité, entraînant dans son mouvement un grand nombre de menus lapillis. Cette

ébullition était due à la sortie de la vapeur formée aux dépens de l'eau qui pénétrait sous la cendre par infiltration. Sur une centaine de mètres, à partir de la côte, la température de l'eau de mer était assez élevée, atteignant par places jusqu'à 40° C., mais cet échauffement était purement superficiel, et à $0^m,15$ de la surface la température était normale (27° C.).

» Ce n'est que le 18 décembre que nous avons pu débarquer à la rivière Blanche; la mer avait emporté toute la cendre tombée au pied des falaises; nous avons escaladé celles-ci, grâce à l'existence d'une coulée de boue, qui, la veille, avait recouvert, sur quelques mètres de largeur, la cendre chaude. Celle-ci était encore extrêmement mobile, à peine tassée dans les dépressions, dont la surface était formée par une légère couche de cendres finement stratifiée et creusée, comme un écumoir, de trous produits par des dégagements de vapeurs.

» En sautant de bloc en bloc, nous avons pu parvenir, au milieu du champ de cendres, jusqu'au gros quartier d'andésite sur lequel était placé mon appareil. Celui-ci consiste en une lourde masse de fonte supportant des baguettes de divers métaux. Je l'ai trouvé recouvert d'environ $0^m,15$ de cendres dont la température était encore de 125° C. L'étain n'avait pas fondu. . . . . .

» Le nuage, à son arrivée au voisinage de la mer, à plus de 6^{km} du cratère, avait donc une température inférieure à 230° C., mais certainement supérieure à 125° C., puisque mon observation a été faite 48 heures après l'éruption et après un peu de pluie. Je n'ai pu faire aucune observation directe sur ce sujet dans la haute vallée de la rivière Blanche, actuellement inabordable, mais les observations de nuit montrent qu'à leur départ du cratère, les nuages sont toujours incandescents et que souvent ils restent tels sur une grande partie de leur parcours.

» Le refroidissement du nuage est du reste rapide dès qu'il arrive à la mer. Il se produit une condensation partielle et la précipitation d'une grande quantité de ses éléments solides. Un cotre, enveloppé par l'éruption du 16 à 3 ou 4 milles de la côte, a été couvert de cendre et de lapillis qui étaient complètement refroidis. On peut expliquer par ce refroidissement rapide au-dessus de la mer ce fait, que les bateaux mouillés le 8 mai dans la baie de Saint-Pierre, même à proximité de la côte, ont subi les effets calorifiques et leur équipage les effets physiologiques caractérisant la zone périphérique du phénomène, plutôt que ceux de la zone centrale, dans laquelle ils se trouvaient en réalité au point de vue topographique.

» J'ai pu établir les relations existant entre les éruptions des nuages denses et les diverses manifestations produites dans le cône. J'ai observé tous les intermédiaires possibles entre ces éruptions de gros nuages et la production de petites poussées rousses qui accompagnent la montée du magma fondu dans les fissures du cône ou simplement les écroulements de blocs sortant de la base de l'aiguille terminale de celui-ci. C'est quand la poussée interne est plus violente que les parois des fissures du cône cèdent et alors un gros nuage dense sort en entraînant un lambeau du cône. Si le phénomène se produit la nuit, la cicatrice du cône apparaît brillamment lumineuse, parcourue de fissures incandescentes très irrégulières. On voit s'en détacher des blocs longtemps encore après que le nuage a été dissipé.

» Le cône continue à s'accroître, mais les éruptions qui se succèdent depuis plus d'un mois lui font perdre en même temps à peu près ce qu'il gagne. Son altitude, dont nous suivons journellement les variations, se maintient à environ 70^m au-dessous de la cote maximum qu'il a atteinte au commencement du mois. Son écroulement a modifié la topographie du cratère ; il y a aujourd'hui continuité parfaite entre la partie ouest de celui-ci et le cône ; de ce côté, un talus d'éboulis partant de la base terminale aboutit au rebord même du cratère, et des blocs incandescents commencent à rouler dans les hautes vallées de la rivière Lamara et dans celle du Prêcheur, bien que le plus grand nombre d'entre eux continuent à tomber, par l'échancrure Sud-Ouest, dans la vallée de la rivière Blanche. »

ASTRONOMIE. — *Observatoire de Besançon. Éléments de la comète Giacobini* (1902 *d*), par M. **P. Brück**. *Observations de la comète Giacobini* (1903 *a*) *faites à l'équatorial coudé*, par M. **P. Chofardet**, présentés par M. Lœwy.

Éléments de la comète Giacobini (1902 *d*).

« Ces éléments ont été calculés à l'aide des trois observations suivantes : Hambourg, 1902, déc. 3; Besançon, 1902, déc. 11 et 23 :

T = 1903, mars 21, 6775; temps moyen de Paris.

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 5^\circ\ 7'\ 28'',6 \\ \Omega &= 117.29.24,6 \\ i &= 43.55.\ 5,1 \end{aligned}\right\} 1903,0.$$

$$\log q = 0,445208$$

» Représentation du lieu moyen :

$$\delta\lambda \cos\beta = +1'', \qquad \delta\beta = -2''.$$

Observations de la comète Giacobini (1903 *a*).

Dates. 1903.	Étoiles.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	ΔP.	Nombre de compar.
		h m s	m s	′ ″	
Janvier 21.......	*a*	6. 8.24	+0.42,85	+ 2. 9,1	12:9
21.......	*a*	6.38.43	+0.44,30	+ 1.50,4	12:9
22.......	*b*	6.14. 8	+1.33,52	+ 2.40,0	12:9
24.......	*c*	6.20.25	+2.35,71	+ 7.55,1	12:12

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1903,0.

Étoiles.	Catalogues.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s	° ′ ″	″
a.....	AG. Albany, 7960	22.59. 8,05	−0,29	87.13.40,8	− 2,8
b.....	AG. Albany, 7961	22.59.21,96	−0,29	86.58.44,2	− 2,8
c.....	AG. Albany, 7969	23. 0.33,12	−0,29	86.23.54,4	− 2,7

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1903.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.
	h m s		° ′ ″	
Janvier 21..........	22.59.50,61	$\bar{1}$,468	87.15.47,1	$0,796_n$
21..........	22.59.52,06	$\bar{1}$,516	87.15.28,4	$0,798_n$
22..........	23. 0.55,19	$\bar{1}$,484	87. 1.21,4	$0,796_n$
24..........	23. 3. 8,54	$\bar{1}$,502	86.31.46,8	$0,794_n$

» Le 21 janvier, la comète, d'un diamètre apparent de 1′,5 et de 10ᵉ à 11ᵉ grandeur, présente une condensation excentrée vers le sud. Le 24, la condensation est centrale; un petit noyau stellaire, assez vif, s'aperçoit par instant. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes différentiels réguliers.* Note de M. Ch. Riquier, présentée par M. Appell.

« J'ai, dans une Note récente ([1]), considéré des systèmes différentiels satisfaisant à la condition générale suivante : le système est résolu par rap-

([1]) Voir les *Comptes rendus* du 12 janvier 1903.

port à certaines dérivées des fonctions inconnues qui s'y trouvent engagées, les seconds membres sont indépendants de toute dérivée principale, et, moyennant l'attribution aux fonctions inconnues de cotes respectives convenablement choisies, chaque second membre ne contient, outre les variables indépendantes, que des quantités (inconnues ou dérivées) dont les cotes ne surpassent pas celle du premier membre correspondant. L'étude de ces systèmes m'a conduit à formuler, relativement à l'existence de leurs intégrales, un ensemble de conditions suffisantes, et je me propose actuellement de faire voir que la recherche des intégrales répondant à des conditions initiales données se ramène, pour quelques-uns d'entre eux, à une recherche de même nature exécutée sur des systèmes plus simples.

» Étant donné un système différentiel résolu par rapport à certaines dérivées des fonctions inconnues qui s'y trouvent engagées, fixons, conformément aux indications de la Note citée, l'économie des conditions initiales; construisons ensuite un quadrillage rectangulaire dont les lignes correspondent aux variables indépendantes $x, y, \ldots$ et les colonnes aux fonctions (ou constantes) arbitraires qui figurent dans les conditions initiales; puis, dans l'une quelconque de ces colonnes, noircissons à l'aide de hachures les cases des diverses variables dont ne dépend pas l'arbitraire correspondante : en répétant cette opération successivement dans toutes les colonnes, nous obtiendrons une sorte de damier où les cases blanches et noires pourront offrir des dispositions relatives variées. Cela étant, le système proposé sera dit *régulier*, si l'on peut adopter pour les lignes de ce damier (c'est-à-dire pour les variables indépendantes $x, y, \ldots$) un ordre tel, que chaque colonne, parcourue de bas en haut, soit ou entièrement blanche, ou entièrement noire, ou formée par la succession d'un fragment blanc et d'un fragment noir.

» D'autre part, nous nommerons *système simple* un système du premier ordre, linéaire par rapport aux dérivées (premières) des m fonctions inconnues qui s'y trouvent engagées, et résolu par rapport aux m dérivées (premières) qui intéressent une seule et même variable.

» Cela étant, les théorèmes d'existence auxquels nous avons fait allusion plus haut, et qui s'appliquent, avec d'importantes simplifications, aux systèmes différentiels *réguliers*, doivent, dans ce dernier cas, être complétés par cette remarque, que *la recherche d'intégrales répondant à des conditions initiales données se ramène à une semblable recherche successivement exécutée dans divers systèmes simples.* »

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Condition du choc dans le problème restreint des trois corps.* Note M. T. **Levi-Civita**, présentée par M. Appell.

« Soit, comme dans ma Communication précédente (12 janvier 1903),

$$\rho = \left|\sqrt{\overline{\mathrm{SP}}}\right|, \qquad \vartheta = \mathrm{J}\widehat{\mathrm{S}}\mathrm{P}, \qquad \vartheta' = \frac{d\vartheta}{dt};$$

$$\left\{\begin{aligned} &\Delta = \overline{\mathrm{JP}} = \left|\sqrt{1+\rho^4-2\rho^2\cos\vartheta}\right|, \quad \mathrm{V} = \frac{1}{\Delta} - \rho^2\cos\vartheta, \quad \mathrm{W} = \sin\vartheta\left(1-\frac{1}{\Delta^3}\right), \\ &\mathrm{H} = \pm\sqrt{2\nu - \rho^6\vartheta'^2 + \rho^2(-2\mathrm{C}+2\mu\mathrm{V}+\rho^4)}\end{aligned}\right.$$

(μ masse de J, $\nu = 1-\mu$ masse de S, C constante de Jacobi).

» Les trajectoires, sur lesqnelles P et S se choquent au bout d'un temps fini correspondent aux ∞^1 intégrales du système

$$(\Sigma) \qquad \frac{d\vartheta}{d\rho} = -2\rho^2\frac{\vartheta'}{\mathrm{H}}, \qquad \rho\frac{\partial\vartheta'}{d\rho} = -4(\vartheta'+1) - 2\mu\rho\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{H}},$$

holomorphes pour $\rho = 0$ (et à ces intégrales seulement). En appelant ϑ_0 la valeur arbitraire $\vartheta(0)$ et en remarquant que $\vartheta'(0)$ doit nécessairement se réduire à -1, on aura, pour ces intégrales, des expressions de la forme

$$(1) \qquad \vartheta = \vartheta_0 + \rho\alpha(\rho, \vartheta_0) \qquad \vartheta' + 1 = \rho\beta(\rho, \vartheta_0),$$

α et β étant des séries des puissances en ρ.

» Pour qu'un choc intervienne, il faut et il suffit — peut-on dire d'après ce qui précède — que le mouvement ait lieu sur une des trajectoires (1): il faut donc et il suffit que ρ, ϑ, ϑ' *vérifient à tout instant l'équation qu'on tire des* (1) *en y éliminant* ϑ_0. *Voilà la relation invariante caractéristique du choc.* C'est bien une relation unique, comme le présumait M. Painlevé (voir ses *Leçons de Stockholm*, p. 586). Étudions-la d'un peu plus près.

» Tout d'abord, la première des (1) permet de tirer ϑ_0 en fonction holomorphe de ρ et de ϑ. En introduisant cette valeur dans la seconde, il vient

$$(2) \qquad \vartheta' + 1 = \rho f(\rho, \vartheta),$$

où f est une fonction holomorphe de ρ, dans le domaine $\rho = 0$, pour toute valeur réelle de ϑ.

» Dès que (2) est une relation invariante [par rapport au mouvement et *a fortiori* par rapport au système (Σ)], en la dérivant par rapport à ρ et en tenant compte des (Σ) et d'elle-même, on doit aboutir à une identité. Nous

en concluons que la fonction $f(\rho, \vartheta)$ satisfait à l'équation

$$(3) \qquad 5f + \rho\frac{\partial f}{\partial \rho} = -2\mu\frac{W}{H} - \frac{2}{H}\rho^3(1-\rho f)\frac{\partial f}{\partial \vartheta},$$

où il est sous-entendu que, dans l'expression de H, on a remplacé ϑ' par $\rho f - 1$.

» La méthode des limites montre aussitôt que l'équation (3) admet une intégrale et une seule développable en série de puissances de ρ.

» Si l'on pose $f = \sum_0^\infty {}_n f_n \rho^n$, les f_n peuvent être calculés de proche en proche en identifiant, dans les deux membres de (3), les coefficients des mêmes puissances de ρ.

» Cette intégrale holomorphe de (3) est évidemment (d'après l'origine de l'équation) la fonction f de la relation invariante (2). On a de la sorte un moyen commode pour la déterminer. On en fait, en outre, ressortir une importante propriété, qui ne résultait pas encore de (2).

» C'est que *f est une fonction périodique de ϑ. La condition du choc est donc uniforme, au sens de M. Poincaré;* elle est même algébrique par rapport aux vitesses [1].

» Pour $\mu = 0$, on tire immédiatement, de (3), $f = 0$, et la condition du choc ($\vartheta' + 1 = 0$) exprime que la vitesse angulaire (absolue) de P par rapport à S est nulle ou, si l'on veut, que la vitesse de P est dirigée suivant la droite PS. On pouvait le prévoir, puisque, pour $\mu = 0$, on retombe sur le problème (plan) des deux corps.

» Pour μ quelconque, le calcul des premiers termes donne

$$(4) \quad \left\{ \begin{aligned} f = \mu\rho^2 \Big[& \frac{6}{7}\frac{1}{\sqrt{2\nu}}\sin 2\vartheta + \frac{1}{3}\frac{1}{\sqrt{2\nu}}\sin\vartheta\left(5\cos^2\vartheta - \frac{C-\mu}{\nu}\cos\vartheta - 1\right)\rho^2 \\ & - \frac{3}{35}\frac{\mu}{\nu}\cos 2\vartheta\,\rho^3 + \ldots \Big], \end{aligned} \right.$$

le radical $\sqrt{2\nu}$ devant être pris avec le signe + ou avec le signe −, selon qu'il s'agit de chocs futurs ou passés.

» On a de la sorte une expression approchée de f, valable, pour ρ assez

---

[1] On sait que M. Painlevé a démontré (*Comptes rendus*, 20 décembre 1897) qu'il ne peut pas en être ainsi dès que *trois masses* au moins ne sont pas nulles. Le problème restreint échappe donc à la démonstration de M. Painlevé et, en effet, il se comporte d'une façon exceptionnelle à ce point de vue.

petit, quel que soit ϑ. (Il fallait arriver jusqu'au troisième terme non nul, puisque les coefficients des deux premiers s'annulent à la fois sur la droite SJ.)

» Au point de vue théorique, la détermination de f est achevée. D'après (3), on sait construire la série qui la représente au voisinage de S; dès lors, le prolongement analytique de la série définit f dans tout le plan des trois corps. Mais il serait intéressant de préciser le champ de validité du développement (4), et plus généralement d'établir comment se comporte la fonction f et comment on peut la calculer pour des valeurs quelconques de ρ.

» Il est à peine nécessaire d'ajouter que (d'après le rôle symétrique de S, J), il suffit de changer dans (2) la signification des lettres pour en tirer la condition d'un choc P, J.

» Une question extrêmement importante se pose maintenant.

» Nous pouvons affirmer, d'après ce qui précède, que, si à l'instant initial la condition (2) et l'autre analogue, relative à un choc P, J, ne sont pas satisfaites, elles ne le seront jamais, et il n'y aura pas de choc. Par d'autres mots, deux inégalités, telles que $\vartheta' + 1 - \rho f \gtrless 0$, assurent la continuation indéfinie du mouvement. Toutefois les corps célestes ne sont pas des points matériels et il est loisible de les traiter ainsi, pourvu seulement que leurs distances ne descendent pas au-dessous d'une certaine limite. Il faut donc (pour pouvoir appliquer à un exemple naturel la conclusion que le mouvement se poursuivra régulièrement en tout temps) savoir d'avance (pour la solution théorique correspondante) non seulement qu'il n'y aura pas de choc, mais bien encore que les distances $\overline{PS}$, $\overline{PJ}$ ne descendront jamais au-dessous d'un ε donné. Quelles en sont les conditions? Deux inégalités de la forme $|\vartheta' + 1 - \rho f| > \eta$, où η dépend de ε, seraient-elles suffisantes? Je n'en puis encore rien dire. »

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité induite et sur l'émanation du radium.* Note de M. **P. Curie**, présentée par M. Potier.

« Dans un récent travail ([1]), j'ai étudié les conditions de la disparition de la radioactivité induite par le radium dans une enceinte fermée que l'on soustrait à l'action du radium et que l'on maintient à la température

(1) P. Curie, *Comptes rendus*, 17 novembre 1902.

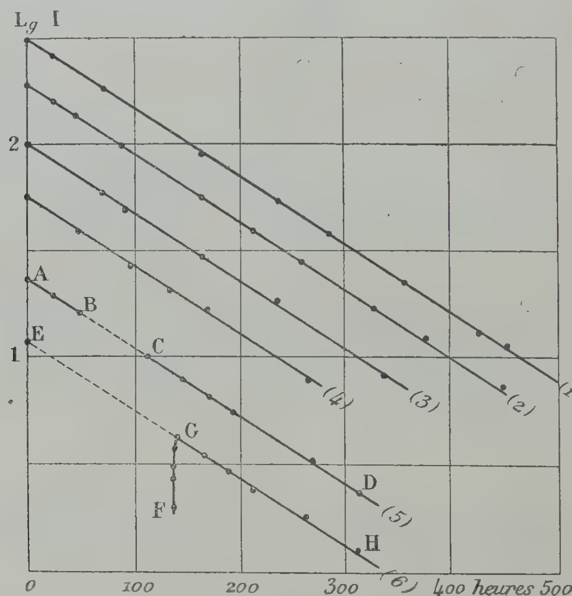
ambiante. L'intensité du rayonnement I des parois de l'enceinte diminue en fonction du temps, suivant une loi exponentielle

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\theta}},$$

θ étant égal à $4,97 \times 10^5$ secondes. L'intensité du rayonnement diminue de moitié en 4 jours.

» J'ai trouvé que la loi de désactivation est encore la même lorsque l'enceinte, au lieu de rester à la température ambiante, est maintenue à 450° ou à — 180°.

» Pour le constater, je fais d'abord, à la température ambiante, des séries de mesures sur les tubes scellés qui se désactivent, puis je porte les tubes, pendant 3 jours, à 450° dans un four électrique. Les tubes sont ensuite ramenés à la température ambiante. On mesure leur activité et l'on trouve que la perte totale, pendant le temps de chauffe, est égale à celle que le tube aurait éprouvée, pendant le même temps, à la température ambiante. J'ai représenté dans la figure ci-dessous le résultat des expériences en portant log I en coordonnées et le temps t en abscisses.



» Les courbes (1), (2), (3), (4) sont relatives à quatre séries d'expériences faites à la température ambiante. Ces courbes sont des droites parallèles entre elles, de coefficient angulaire $-\frac{1}{\theta}$. La courbe (5) donne le résultat d'une expérience faite à 450° : les points de A à B représentent les mesures faites avant la chauffe; les points de C à D les

mesures faites après la chauffe. Tous ces points sont situés sur une même droite parallèle aux quatre droites précédentes.

» Dans un autre essai les tubes étaient refroidis dans l'air liquide à — 180°. Le point E [courbe (6)] représente une première mesure faite à la température ambiante. Puis le tube est resté plongé dans l'air liquide pendant 6 jours. On recommence ensuite les mesures à la température ambiante. La première mesure (point F), obtenue immédiatement après réchauffement du tube, a donné une valeur de rayonnement deux fois plus faible que celle qu'on aurait eue si le tube était resté constamment à la température ambiante. Mais l'activité du tube augmente ensuite rapidement pendant une demi-heure environ (points de F à G). Les mesures faites ensuite (de G à H) donnent les valeurs que l'on aurait obtenues si le tube était resté constamment à la température ambiante. La droite GH prolongée passe par le point E; cette droite a la même inclinaison que les droites (1), (2), (3), (4).

» Il y a donc, après retour à la température ambiante, une perturbation que l'on peut attribuer à une modification momentanée du rayonnement de l'enveloppe de verre à la suite du refroidissement. Mais ensuite la loi de décroissement ordinaire se rétablit.

» On peut admettre que l'énergie qui est contenue dans l'enceinte et qui entretient l'activité des parois décroît en fonction du temps suivant une loi qui est indépendante de la température entre — 180° et + 450°. J'ai d'ailleurs montré que cette loi est également indépendante des autres conditions très variées dans lesquelles j'ai fait les expériences (nature et pression du gaz, nature des parois, etc.).

» L'énergie produite par chaque atome de radium se dissipe par rayonnement ou par conduction de proche en proche dans les corps fluides. Les expériences actuelles montrent que dans les gaz l'énergie transmise de proche en proche est emmagasinée sous une forme spéciale qui se dissipe suivant une loi exponentielle en provoquant la radioactivité des corps matériels.

» Pour expliquer les phénomènes de la radioactivité induite et la transmission de l'activité par les courants des gaz, M. Rutherford a admis que le théorium et le radium émettent une *émanation radioactive* qui provoque la radioactivité des corps sur lesquels elle vient se fixer. C'est cette émanation qui entretient l'activité induite dans une enceinte fermée activée. M. Rutherford semble croire à la nature matérielle de l'émanation et, dans l'un de ses Mémoires les plus récents (1), il considère comme vraisemblable qu'il s'agit d'un gaz de la nature de ceux du groupe de l'argon.

» Je pense qu'il n'y a pas actuellement de raisons suffisantes pour

(1) *Philosophical Magazine*, t. IV, novembre 1902, p. 566.

admettre l'existence d'une émanation de matière sous sa forme atomique ordinaire. Nous avons antérieurement, M. Debierne et moi, vainement cherché des raies nouvelles dans les gaz radioactifs extraits du radium. Enfin l'émanation disparaît spontanément en tube scellé. Je considère aussi comme peu vraisemblable que les effets qui accompagnent l'existence de l'émanation aient leur origine dans une transformation chimique. On ne connaît en effet aucune réaction chimique pour laquelle la vitesse de réaction soit indépendante de la température entre — 180° et + 450°.

» L'expression d'*émanation* est commode et M. Rutherford en a fait constamment usage dans ses nombreux et importants Mémoires relatifs à la radioactivité induite. J'emploierai également cette expression qui pour moi désigne *l'énergie radioactive émise par les corps radioactifs sous la forme spéciale sous laquelle elle est emmagasinée dans les gaz et dans le vide*. Cette forme spéciale d'énergie dans le cas du radium est essentiellement *caractérisée par la constante de temps* de la loi exponentielle suivant laquelle elle se dissipe. La radioactivité des parois solides constitue une autre forme de cette énergie radioactive qui se dissipe suivant une loi différente.

» On peut faire la théorie suivante de la radioactivité : le radium n'émet pas par lui-même des rayons de Becquerel, il n'émet que de l'émanation. Dans les sels de radium solides, l'émanation ne pouvant s'échapper, se transforme sur place en rayonnement de Becquerel. Pour une solution placée dans une enceinte, l'émanation se répand dans l'enceinte et provoque la radioactivité des parois, le rayonnement est extériorisé.

» Une question importante à élucider est celle de savoir quel est le support de l'énergie qui constitue l'émanation. On peut, malgré les objections faites précédemment, admettre avec M. Rutherford que le radium émet un gaz qui sert à transporter l'émanation. On peut encore attribuer ce rôle de support pour l'émanation au gaz qui existe nécessairement dans l'espace où elle est répandue; mais il est difficile alors de comprendre pourquoi la nature du gaz, sa pression, sa température n'ont pas d'influence sur les propriétés de l'émanation. Reste une troisième hypothèse qui consiste à supposer que l'émanation n'a pas pour support la matière ordinaire, et qu'il existe des centres de condensation d'énergie situés entre les molécules du gaz et qui peuvent être entraînés avec lui. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la micrographie des aciers au nickel.* Note de M. Léon Guillet, présentée par M. A. Ditte.

« Depuis les travaux de MM. Hopkinson, H. Le Châtelier, Ch.-Ed. Guillaume, Osmond et Dumas, on sait que le nickel abaisse les points de transformation magnétique des aciers. Ayant examiné au microscope un acier doux recuit contenant 12 pour 100 de nickel et ayant noté la présence de martensite abondante, j'ai pensé que la métallographie microscopique pourrait donner quelques renseignements intéressants sur la constitution des aciers au nickel.

» M. Osmond a déjà signalé (¹) que les alliages non magnétiques de fer et de nickel présentent une structure semblable à celle que M. Charpy a trouvée aux laitons contenant de 0 pour 100 à 35 pour 100 de zinc et recuits à haute température.

» Mes observations ont porté sur trois séries d'aciers au creuset très purs, ne contenant que des traces de phosphore, silicium, soufre et manganèse, et dont la teneur en nickel va dans chaque série en croissant de 2,5 en 2,5 environ, depuis 0 pour 100 jusqu'à 30 pour 100. La première série de ces aciers avait une teneur en carbone d'environ 0,120 pour 100; celle de la seconde était d'environ 0,350 pour 100 et celle de la troisième de 0,850 pour 100 environ.

» En examinant les aciers appartenant à la première de ces trois séries, j'ai trouvé que, jusqu'à 7 pour 100 de nickel, la structure est identique à celle des aciers au carbone ordinaire; mais il me semble que la perlite croît avec la teneur en nickel, sans que je puisse affirmer le fait d'une façon absolue. Lorsque la teneur en nickel atteint 10 pour 100, la microstructure change totalement; on aperçoit de la martensite qui va en augmentant avec la teneur en nickel; à 15 pour 100 de nickel, on a de la martensite sensiblement pure; au delà on voit apparaître des cristaux blancs, qui deviennent de plus en plus nombreux en même temps que la teneur en nickel s'accroît. Lorsque celle-ci atteint 25 pour 100 ces cristaux sont nombreux et importants. Enfin, à 30 pour 100, ils envahissent toute la préparation et l'on ne voit plus que les polyèdres déjà signalés par M. Osmond. J'ai fait un certain nombre d'observations sur des aciers de teneurs en nickel comprises entre 35 pour 100 et 92 pour 100 mis à ma disposition par les usines d'Imphy. J'ai trouvé à ces divers aciers des structures semblables à celles de l'acier à 30 pour 100.

» Toutes les attaques ont été faites au moyen d'une dissolution alcoolique d'acide picrique; mais les autres réactifs donnent des résultats identiques. On voit que, pour les aciers extra-doux, on peut admettre les quatre classes suivantes : 1° aciers formés

(¹) *Annales des Mines*, janvier 1900.

de ferrite et de perlite; 2° aciers formés de ferrite et de martensite; 3° aciers formés de martensite et de fer γ; 4° aciers formés de fer γ ayant dissous le carbone et le nickel. Pour une certaine teneur en nickel, on a de la martensite pure.

» En examinant les aciers des deuxième et troisième séries, j'ai bien retrouvé le même classement, mais les teneurs de nickel correspondant à chaque groupe varient avec celle en carbone; plus la somme C + Ni est grande, plus la teneur en nickel à laquelle la microstructure change est faible. Le Tableau suivant résume la classification que j'ai été conduit à adopter d'après la microstructure et suivant la teneur en carbone :

Classe.	Caractéristiques micrographiques.	Aciers à 0,120 C.	Aciers à 0,350 C.	Aciers à 0,900 C.
1.	Fer α + perlite (ou cémentite + perlite)........	de 0 à 10 % Ni	de 0 à 7 %	de 0 à 5 %
2.	Fer α + martensite......	de 10 à 15 % Ni	de 7 à 12 %	de 5 à 10 %
3.	Martensite + fer γ.......	de 15 à 27 % Ni	de 12 à 25 %	de 10 à 15 %
4.	Fer γ..................	pour une teneur en Ni > 30	> 25	> 15

» Si l'on rapproche cette classification de celle qui a été faite par M. Dumas [1], au point de vue mécanique, on voit que les résultats sont identiques, à cela près que j'ai été conduit à créer un premier groupe comprenant les produits semblables aux aciers ordinaires. La classification des aciers au nickel est donc la suivante pour les aciers doux :

» De 0 à 10 pour 100 de nickel. — Aciers semblables aux aciers ordinaires.

» De 10 à 15 pour 100 de nickel. — Aciers durs formés de martensite et de ferrite.

» De 15 à 21 pour 100 de nickel. — Aciers très durs, formés surtout de martensite et d'un peu de fer γ.

» De 21 à 27 pour 100 de nickel. — Aciers à dureté atténuée formés de martensite et de fer γ en quantité assez importante. Ces quatre premiers groupes comprennent les aciers à haute limite élastique.

» Teneur en nickel supérieure à 27 pour 100. — Aciers à basse limite élastique.

» Il est à remarquer que le passage des aciers irréversibles aux aciers réversibles correspond nettement à l'apparition de la structure polyédrique; je dois même ajouter que le premier acier de chaque série présentant cette structure est non magnétique à la température ordinaire.

» J'étudie actuellement l'influence de la trempe, du recuit, de la cémentation, de la décarburation et du refroidissement sur la microstructure de ces aciers. Je me réserve d'étudier à ce même point de vue les aciers au

[1] L. Dumas, *Annales des Mines*, avril 1902.

manganèse, au chrome, au tungstène, etc., qui m'ont déjà donné des résultats intéressants. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'existence de superoxydes électrolytiques de plomb, de nickel et de bismuth.* Note de M. A. **Hollard**, présentée par M. Armand Gautier.

» *Plomb.* — On a toujours admis jusqu'ici que le peroxyde de plomb qui se dépose à l'anode d'une solution saline de plomb traversée par un courant est du *bioxyde de plomb* PbO^2, et l'on a donné comme facteur analytique permettant de passer du poids de peroxyde déposé au poids du plomb correspondant le nombre 0,866 qui représente le rapport $\frac{Pb}{PbO^2}$ des poids moléculaires du plomb et du bioxyde. Contrairement à cette assertion nous avons trouvé : 1° que le facteur analytique 0,866 est trop grand et *qu'il se dépose à l'anode, outre le bioxyde* PbO^2, *des oxydes plus oxygénés que* PbO^2; 2° *que la proportion de ces oxydes supérieurs est d'autant plus grande que la concentration du plomb dans le bain est plus petite.*

» Nous avons opéré sur une série de solutions de nitrate de plomb (obtenues avec des plombs très purs, de provenances différentes), occupant toutes le même volume (300^{cm^3}) et tenant en dissolution le même excès d'acide nitrique (12^{cm^3} d'acide à 36°).

» Les quantités de plomb contenues dans ces liqueurs variaient avec chacune d'elles depuis quelques milligrammes jusqu'à 10^g. Pour obtenir à l'anode des dépôts de peroxydes parfaitement adhérents et compacts, même pour de grandes quantités de plomb, nous avons employé une anode en toile de platine *platinée* (1) et nous avons introduit dans le bain une bonne quantité de nitrate de cuivre (correspondant à 10^g de cuivre) (2). Ce nitrate ne déposait qu'une partie de son cuivre sur la cathode, tandis que la totalité du plomb se déposait sur l'anode à l'état de peroxydes. — Les électrodes (anode et cathode) dont nous nous sommes servi sont en platine (3).

---

(1) La toile de platine réalise déjà une grande surface. Le *platinage* consiste à recouvrir électrolytiquement la toile d'une couche de platine dans un bain chargé d'acide chlorhydrique et contenant de l'oxalate d'ammoniaque. Nous obtenons ainsi une surface dont la rugosité est très apte à retenir de grandes quantités de peroxyde de plomb.

(2) L'heureuse influence du nitrate de cuivre sur la compacité du peroxyde de plomb a été trouvée par Dandurand.

(3) Nous les avons décrites quant à leurs formes et à leurs dimensions dans le *Bull. de la Soc. Chim.*, t. XXIII, p. 291 (1900) à cela près que l'électrode tronconique A qui sert ici d'anode est en toile de platine au lieu d'être en feuille de platine.

» Nous donnons dans le Tableau suivant la moyenne de nos résultats. Chaque dépôt de peroxyde n'était pesé qu'après avoir été lavé ([1]) puis séché dans une étuve chauffée progressivement jusqu'à 200°. La ligne I donne les poids de plomb contenus dans les différents bains; la ligne II donne les facteurs analytiques correspondants $= \left(\dfrac{\text{poids du plomb}}{\text{poids du peroxyde}}\right)$:

I.	0g,0106	0g,02	0g,03	0g,05	0g,07	0g,1	0g,2	0g,5	1g	2g	2g,5	3g	5g	10g
II.	0g,740	0g,764	0g,790	0g,802	0g,824	0g,838	0g,842	0g,851	0g,852	0g,8545	0g,855	0g,856	0g,859	0g,861

» Si l'on traduit ces résultats par une courbe, en portant en abscisses les valeurs de la ligne I et en ordonnées les valeurs de la ligne II, on verra que les facteurs analytiques tendent, à mesure qu'on a affaire à des solutions de plomb plus concentrées, à se rapprocher de la valeur 0,866 qui seule correspond au bioxyde PbO^2.

» *Interprétation de ces résultats.* — Dans l'électrolyse de toutes nos solutions, la quantité d'oxygène qui se porte à l'anode est toujours supérieure à celle que nécessite la formation du PbO^2. Cet excès d'oxygène, très faible pour les fortes concentrations en plomb, devient considérable pour les faibles concentrations; en effet, la concentration de l'oxygène reste la même, quelle que soit la richesse du bain en plomb, et elle ne diminue pas pendant le cours de l'électrolyse. On conçoit donc qu'il puisse se former des peroxydes plus oxydés que PbO^2 et que la proportion de ces peroxydes croisse avec la dilution.

» Les facteurs analytiques obtenus avec les plus faibles concentrations nous montrent que ces peroxydes sont d'ordre très élevé. S'agit-il *d'un seul* peroxyde dont la proportion croîtrait au fur et à mesure que la solution est plus diluée, ou d'une série de peroxydes plus oxydés les uns que les autres? C'est ce que nous n'avons pas encore éclairci.

» En prenant des solutions suffisamment concentrées en plomb, il n'y a pas, au début de l'électrolyse, d'excès d'oxygène par rapport au plomb, et il se forme une première couche de PbO^2, puis, lorsque la concentration a diminué suffisamment par suite du dépôt de peroxyde de plomb à l'anode, il y a excès d'oxygène et, par suite, formation de peroxydes supérieurs en quantités qui croissent au fur et à mesure que la concentration diminue.

» *Nickel.* — Le plomb n'est pas le seul métal qui forme par électrolyse des peroxydes d'un ordre élevé. Le *nickel* en solution de pyrophosphate alcalin additionné d'acide chromique nous a donné (pour une concentration de 0g,05 de nickel pour 300cm³ de bain, le bain étant à une température de 70°) un peroxyde qui, séché à 120°, correspondait à la formule NiO^4 et qui ne variait pas de poids lorsqu'on le chauffait de 120° à 170°. Le courant qui était de 0,1 ampère a passé dans le bain pendant 54 heures ([2]).

([1]) A cet effet, sans détacher les électrodes, on les plonge d'abord un instant dans un premier vase d'eau distillée, puis, *tout en laissant passer le courant*, dans un deuxième vase rempli d'eau distillée, pendant un quart d'heure.

([2]) Nous avons omis de vérifier s'il restait encore, au bout de ce temps, du nickel dans le bain. S'il en est resté, le peroxyde déposé correspondrait à un degré d'oxydation supérieure à NiO^4.

» *Bismuth.* — Le bismuth nous a donné à l'anode un dépôt qui, séché à 130°, correspond à la formule Bi^2O^7, pour une concentration de 0g,05 de bismuth pour 350cm³ de bain. Le bismuth était à l'état de sulfate en présence de 20cm³ d'acide nitrique à 36° en excès et de 40g de sulfate de cuivre hydraté pour un volume de bain de 350cm³. Ce dépôt de peroxyde de bismuth est *de couleur jaune citron* et ne change pas de poids quand on le porte à 180° (1).

» Nous n'avons pas recherché si la constitution des peroxydes de nickel et de bismuth variait avec les concentrations des métaux. D'ailleurs, nous n'avons pu en déposer plus que la quantité correspondant à 0g,05 de métal, ce qui limitait forcément cette étude. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les équilibres qui se produisent entre le cuivre, le silicium et le manganèse, et sur le siliciure de manganèse* Si^2Mn. Note de M. P. Lebeau, présentée par M. H. Moissan.

« L'étude que nous avons faite de l'action d'un grand nombre de métaux sur le siliciure de cuivre, nous a conduit à constater que certains d'entre eux, tels que l'argent, l'étain, le zinc, l'aluminium, présentant une réelle affinité pour le cuivre, forment avec ce métal un alliage. Le silicium est mis en liberté et se retrouve, cristallisé dans la masse, après refroidissement. Il est facile de l'en extraire par un traitement aux acides. D'autres métaux au contraire réagissent sur le siliciure de cuivre fondu, en s'emparant du silicium pour produire un siliciure défini, ou en donnant tout à la fois des combinaisons avec le silicium et avec le cuivre. Ces essais nous ont en outre démontré que le siliciure de cuivre ou même le cuivre silicié fondu était un excellent dissolvant de la plupart des siliciures métalliques et même du silicium.

» Le cuivre silicié pauvre en silicium peut donc être envisagé comme un liquide, dans lequel il nous est facile de faire réagir, sur un poids donné d'un métal, des proportions croissantes de silicium. Ce dernier étant introduit sous forme de siliciure de cuivre défini $SiCu^2$, puis sous forme de silicium libre. On peut produire ainsi une série de systèmes chimiques dans lesquels peuvent exister, outre des combinaisons possibles du cuivre et du métal

---

(1) Ici le système d'électrode était constitué par le système Luckow modifié (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 23); le cône qui servait d'anode était devenu, par suite d'un usage prolongé et de calcinations répétées, d'une rugosité préférable encore au platine platiné.

mis en réaction, un ou plusieurs siliciures de ce même métal. La connaissance complète des divers constituants de tels équilibres ne peut guère être obtenue qu'en utilisant à la fois les procédés d'investigation d'ordre chimique, physique et métallographique. Toutefois, si l'on se limite à l'étude des siliciures métalliques existant après la solidification, le problème devient beaucoup plus facile à résoudre. Ces composés sont en effet presque toujours peu attaquables par les réactifs. L'acide azotique, par exemple, qui dissout très facilement le siliciure de cuivre et la plupart des alliages de ce métal, est à peu près sans action sur un très grand nombre de siliciures, ce qui permet d'isoler ces derniers.

» On préparera donc une série de culots métalliques, renfermant en proportions déterminées les éléments cuivre, silicium et métal à combiner; on pourra ensuite en séparer aisément, à l'aide de réactifs appropriés, des résidus renfermant un ou plusieurs siliciures. Les produits que l'on obtient ainsi sont toujours cristallisés. Par leur analyse et leur examen microscopique, il sera possible d'en déterminer la véritable nature et par suite d'établir dans quelles conditions il faudra se placer pour produire un siliciure défini. Nous donnerons comme exemple l'étude des composés siliciés du manganèse.

» Pour permettre l'interprétation plus facile des résultats, nous avons préparé des culots métalliques dans lesquels le cuivre et le manganèse étaient dans un rapport sensiblement constant, la teneur en silicium croissant seule d'un produit au suivant.

» Dans une première série de déterminations ces culots étaient préparés en réduisant par le sodium en présence de cuivre un mélange de fluosilicate de potassium et d'oxyde de manganèse Mn^3O^4. Le 1er terme de cette série avait été obtenu de la façon suivante : 50g de cuivre en tournure, 23g d'oxyde Mn^3O^4, 33g de fluosilicate de potassium et 19g de sodium sont mélangés et projetés dans un creuset préalablement porté au rouge au four Perrot. La réaction commence immédiatement; on continue à chauffer pendant une demi-heure environ et on laisse refroidir lentement. On obtient ainsi un culot parfaitement fondu.

» Pour préparer le terme suivant on augmente la quantité de fluosilicate de 16g,5, et celle de sodium, de façon à assurer une réduction complète. La composition brute de chaque culot est ensuite déterminée sur une fraction moyenne. Le reste est traité alternativement par l'acide azotique, puis par la lessive de soude étendue. Le résidu cristallin isolé de cette façon est examiné au microscope et analysé. Nous avons été ainsi conduit à faire les constatations suivantes :

» Le rapport du poids du cuivre à celui du manganèse restant à peu près constant et voisin de 3 à 1, les culots renfermant moins de 10 pour 100 de silicium total ont fourni des résidus cristallisés entièrement formés de prismes et présentant une composition très voisine de celle exigée par la formule $SiMn^2$.

» A mesure que la teneur en silicium s'élève au-dessus de 10 pour 100, on voit appa-

raître des quantités de plus en plus grandes de nouveaux cristaux d'aspect tétraédrique et, pour une teneur supérieure à 15 pour 100, ces derniers subsistent seuls. A ce moment, la composition des résidus reste de nouveau la même et correspond à la formule SiMn. Toutefois, lorsque l'on atteint près de 30 pour 100 en silicium total, on constate la formation de cristaux plus petits, octaédriques, moins brillants, légèrement attaquables par la soude étendue. En même temps, la proportion de silicium croît de nouveau dans ces produits. La quantité de ce métalloïde contenue dans les culots devenant de plus en plus grande, les cristaux tétraédriques diminuent progressivement et l'on voit, avant leur complète disparition, une troisième catégorie de cristaux prendre naissance. Ces derniers sont transparents et de couleur rouge brun sous une faible épaisseur. Nous les avons nettement identifiés avec le silicium cristallisé. On les élimine en prolongeant l'action de la lessive de soude étendue. Au fur et à mesure que le titre en silicium augmente, la composition des résidus, dans lesquels les cristaux tétraédriques se font de plus en plus rares, tend vers une limite qui est représentée par la proportion de silicium exigée par la formule Si^2Mn. Une masse métallique ayant donné à l'analyse les chiffres suivants : cuivre, 14,90; silicium, 80,43; manganèse, 3,25, a abandonné, sous l'action des réactifs indiqués ci-dessus, un résidu très bien cristallisé et très homogène renfermant : silicium, 49,93; manganèse, 50,63. Nous étions donc en présence du siliciure Si^2Mn à peu près pur; sa composition théorique étant, en effet, silicium, 50,45; manganèse, 49,54 pour 100.

» Ce siliciure se présente en cristaux assez petits d'un gris foncé, d'aspect octaédrique et ayant, à 13°, une densité de 5,24. Ils sont inattaquables par l'acide azotique, l'acide sulfurique, mais se dissolvent facilement dans l'acide fluorhydrique à froid. Les lessives alcalines concentrées les détruisent également très rapidement.

» Cette étude méthodique nous a conduit à admettre l'existence des trois siliciures définis de manganèse $SiMn^2$, $SiMn$ et Si^2Mn, en même temps qu'elle nous a permis d'en préciser les conditions de formation. Elle nous a en outre démontré que pour obtenir les composés persiliciés, qui sont aussi les plus dissociables, il ne suffisait pas de se trouver en présence de silicium libre, mais qu'il fallait encore que ce silicium eût en quelque sorte une certaine concentration dans le mélange. Ce fait est facile à rapprocher de nombreux exemples puisés dans l'étude des solutions salines.

» Enfin nous ajouterons qu'en utilisant dans d'autres essais des rapports différents pour les poids du cuivre et du manganèse, nous avons observé dans les variations d'aspect et de composition des produits cristallisés des phénomènes identiques, mais pour des teneurs en silicium total différentes : ce qu'il était d'ailleurs facile de prévoir. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux acides phosphorés dérivés de la méthyléthylcétone.* Note de M. C. **Marie**, présentée par M. H. Moissan.

« Dans une série de Notes, j'ai montré que l'acide hypophosphoreux est susceptible de se condenser avec une ou deux molécules d'acétone pour produire les acides mono- et dioxyisopropylhypophosphoreux. J'ai montré en outre que, par oxydation, le premier de ces acides fournit l'acide oxyphosphinique correspondant, l'acide oxiisopropylphosphinique. Dans cette Note j'étudierai la même réaction appliquée à la méthyléthylcétone.

» On fait bouillir au réfrigérant à reflux l'acide PO^2H^3 (1^{mol}) cristallisable et un grand excès (4^{mol}) de méthyléthylcétone pure. Le point d'ébullition du mélange, qui est d'environ 82° à la pression ordinaire, s'élève lentement en même temps que la réaction caractéristique de PO^2H^3 au SO^4Cu diminue d'intensité. Après une centaine d'heures, la température d'ébullition atteint 86° et ne varie plus. A ce moment l'excès de méthyléthylcétone est distillé et le produit visqueux dont le poids correspond d'ailleurs à la fixation d'une seule molécule de cétone est dissous dans l'eau; la solution épuisée à l'éther pour éliminer une petite quantité d'un corps huileux est saturée par un excès de carbonate de plomb. On obtient ainsi d'une part une solution, de l'autre un précipité.

» La solution est évaporée à sec et le sel vitreux obtenu, pulvérisé, est dissous dans de l'alcool bouillant auquel on ajoute peu à peu une petite quantité d'eau. Par refroidissement et repos il cristallise un sel blanc en croûtes dures qui, d'après son analyse, représente le sel $(PO^2H^2CH^3COC^2H^5)^2Pb$ correspondant à l'acide monacétonique. Le sel ainsi purifié peut alors être recristallisé par dissolution dans l'eau et évaporation.

» Quant au précipité, outre le CO^3Pb en excès, il contient un sel phosphoré dont on extrait facilement l'acide par H^2S. Après évaporation de la solution acide il reste un sirop épais qui ne tarde pas à cristalliser et qui est constitué en grande partie par l'acide oxyphosphiniqne $PO^3H^3CH^3COC^2H^5$ souillé de faibles quantités d'acides phosphoreux et phosphorique. On le purifie facilement par cristallisation dans l'acétone additionnée d'alcool méthylique.

» *Acide :* $PO^2H^3CH^3COC^2H^5$. — On traite par H^2S le sel de plomb préparé comme il est dit plus haut, et la solution est évaporée dans le vide. On obtient ainsi un sirop incolore, incristallisable même à $-20°$, très hygroscopique, soluble dans l'alcool, l'acétone et donnant avec les bases des sels tous solubles. Outre le sel de plomb qui sert à préparer cet acide, j'ai obtenu les sels d'argent et de cuivre. Ils ressemblent complètement aux sels correspondants de l'acide oxyisopropylhypophosphoreux (*Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 286); le sel de cuivre est seulement plus soluble

même en présence d'alcool. Quant au sel d'argent précipité de sa solution aqueuse par l'acétone ou l'alcool, il paraît plus stable à la température ordinaire que l'oxyisopropylhypophosphite. A chaud, il se décompose brusquement au-dessus de 100°.

» L'acide libre, chauffé avec une molécule d'aldéhyde benzoïque à 100°, fournit un acide solide qui constitue sans doute l'acide mixte $(C^6H^5CHO)(CH^3COC^2H^5)PO^xH^3$. Cet acide, ainsi que celui obtenu avec l'acide oxyisopropylhypophosphoreux et quelques autres, sera décrit dans une Note spéciale.

» *Acide :* $PO^3H^3CH^3COC^2H^5$. — Cet acide peut se retirer, comme il est dit plus haut, des sels insolubles de la préparation de l'acide $PO^2H^3CH^3COC^2H^5$, mais il vaut mieux le préparer directement par oxydation de cet acide. Pour cela il suffit de traiter la solution de ce dernier par un léger excès de brome; une simple évaporation à sec fournit l'acide oxyphosphinique presque pur. On le recristallise dans un mélange d'acétone et d'alcool méthylique et on l'obtient alors sous forme de fines lamelles fondant à 158-159°. Ce corps est facilement soluble dans l'eau, les alcools méthylique et éthylique, très soluble à chaud dans l'acide acétique, peu soluble à froid, peu soluble dans le chloroforme ou l'acétone, insoluble dans l'éther. Il répond d'après son analyse à la formule $PO^3H^3CH^3COC^2H^5$.

» Son poids moléculaire déterminé acidimétriquement correspond également à cette formule, mais, pour avoir des résultats exacts, il faut opérer comparativement avec l'acide $PO^3H^3CH^3COCH^3$, car les virages, aussi bien à l'hélianthine qu'à la phtaléine, sont moins nets qu'avec les acides oxyphosphiniques dérivés des aldéhydes. Il convient d'ailleurs d'employer la baryte pour les titrages; cet acide est, bien entendu, nettement bibasique comme son homologue inférieur l'acide oxyisopropylphosphinique.

» Il fournit, quand on le traite par le chlorure de benzoyle en présence de pyridine, l'acide benzoylé $PO^3H^2(C^4H^8O)(C^6H^5CO)$. Cet acide s'extrait de la dissolution en passant par son sel de plomb. Il est peu soluble à froid dans l'eau, mais par évaporation, soit à chaud, soit à froid, il se sépare toujours sous la forme d'une huile incristallisable même à —20°.

» *Sel d'argent :* $PO^3HAg^2CH^3COC^2H^5$. — Ce sel constitue un précipité cristallin et s'obtient facilement parfaitement blanc par le mélange d'une solution du sel de soude avec un excès d'AzO^2Ag.

» En résumé, la méthyléthylcétone ne fournit pas avec PO^2H^3 l'acide dicétonique correspondant à l'acide dioxyisopropylhypophosphoreux; on obtient simplement l'acide monocétonique $PO^2H^3CH^3COC^2H^5$, et par oxydation l'acide oxyphosphinique $PO^3H^3CH^3COC^2H^5$. Ces deux acides constituent les homologues supérieurs des acides oxyisopropylhyperphosphoreux et oxyisopropylphosphiniques décrits précédemment. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau phénol diiodé.* Note de M. P. **Brenans**, présentée par M. A. Haller.

» J'ai étudié antérieurement ([1]) les dérivés diiodés du phénol



$$OH - C^6H^3 - I^2(1.2.4), (1.2.6) \quad et \quad (1.3.6).$$

La présente Note a pour objet de faire connaître un quatrième isomère, le *phénol diiodé* $OH - C^6H^3 - I^2(1.3.5)$; je l'ai obtenu en partant de l'*orthonitraniline diiodée* $C^6H^2 - AzH^2 - AzO^2 - I^2(1.2.4.6)$ par la succession des réactions suivantes : 1° le dérivé diazoïque de ce dernier corps, décomposé au moyen de l'alcool absolu, a fourni le *nitrobenzène diiodé* $C^6H^3 - AzO^2 - I^2(1.3.5)$; 2° la base provenant de la réduction de ce nitrodiiobobenzène, l'*aniline diiodée* $C^6H^3 - AzH^2 - I^2(1.3.5)$, a été diazotée; 3° enfin le sel du diazoïque, chauffé en présence d'eau, a donné le *diiodophénol* $OH - C^6H^3 - I^2(1.3.5)$. Je vais indiquer les conditions dans lesquelles ces transformations ont été effectuées et exposer les propriétés des corps nouveaux obtenus.

» I. *Orthonitraniline diiodée :* $C^6H^2 - AzH^2 - AzO^2 - I^2(1.2.4.6)$. — J'ai décrit dans une Note précédente ([2]) cette substance qui m'a servi de point de départ; je lui ai attribué la constitution indiquée par la formule ci-dessus. Je me suis appuyé pour cela sur sa transformation en nitrobenzène diiodé $C^6H^3 - AzO^2 - I^2(1.3.5)$ composé déjà connu ([3]). Les circonstances de cette transformation sont les suivantes.

» II. *Nitrobenzène diiodé :* $C^6H^3 - AzO^2 - I^2(1.3.5)$. — Pour changer l'orthonitraniline diiodée en nitrobenzène diiodé, on dissout 15^g de ce corps dans 30^{cm^3} d'acide sulfurique concentré. La solution refroidie vers 5° est additionnée, en agitant au moyen d'une turbine, de 5^g à 6^g de nitrite de soude pulvérisé, par portions de $0^g,25$. L'addition effectuée en une heure, on continue à agiter le mélange, sans le refroidir, jusqu'à ce que la température soit remontée à 10°. On reconnaît que le dérivé diazoïque s'est formé en essayant sur une petite quantité de la liqueur la copulation du diazo avec l'acide β-naphtoldisulfonique.... $OH - (HSO^3)^2\ 1.2.6$; quand la réaction est opérée on obtient une matière colorante azoïque rouge. On verse le mélange dans 125^{cm^3} d'alcool absolu bouillant; puis on distille l'aldéhyde et une partie de l'alcool. On introduit la liqueur refroidie dans un litre d'eau glacée. Le précipité de nitrodiiodo-

---

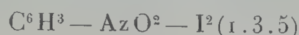
([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 831; t. CXXXIV, p. 357; t. CXXXV, p. 177.

([2]) *Bulletin de la Société chimique*, t. XXVII, p. 963.

([3]) Willgerodt et Arnold, *Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. XXXIV, p. 3346.

benzène impur ainsi obtenu, essoré et lavé, est dissous dans l'alcool chaud et la solution maintenue à l'ébullition avec du noir animal. La liqueur filtrée bouillante laisse déposer 7g à 8g d'un corps cristallisé en aiguilles aplaties, jaunes; après une nouvelle cristallisation le produit fond à 103° et présente la composition d'un *nitrobenzène diiodé* $C^6H^3O^2I^2Az$.

» J'ai comparé le composé ainsi préparé au nitrobenzène diiodé



$$C^6H^3 — AzO^2 — I^2 (1.3.5)$$

obtenu par MM. Willgerodt et Arnold en décomposant le sulfate diazoïque de la paranitraniline diiodée $C^6H^2 — AzH^2 — AzO^2 — I^2 (1.4.2.6)$ au moyen de l'alcool absolu. Comme le point de fusion attribué à ce produit par les auteurs est 95°-96°, j'ai répété leur expérience; en réalité les deux *nitrobenzènes diiodés* dont il s'agit sont un seul et même corps, fusible à 103° et non à 95°-96°, fournissant par réduction une seule et même *aniline diiodée*. J'ajouterai que le rendement est plus que doublé, si l'on emploie à la préparation de ce nitrodiodobenzène l'orthonitraniline diiodée au lieu de la paranitraniline diiodée.

» III. *Aniline diiodée :* $C^6H^3 — AzH^2 — I^2 (1.3.5)$. — L'aniline diiodée, obtenue en réduisant le nitrobenzène diiodé 1.3.5 des deux origines signalées plus haut, fond à 107° et non à 105° (MM. Willgerodt et Arnold). J'ai observé en outre que l'*acétanilide* $CH^3 — CO — AzH — C^6H^3 — I^2$ préparée avec la diiodaniline 1.3.5 des deux provenances ne fond pas à 101°-102°, comme l'ont indiqué les mêmes savants, mais se volatilise sans fondre à 257°-258°. J'ai vérifié que la composition du produit que j'ai préparé est bien celle d'un acétanilide diiodé.

» IV. *Phénol diiodé :* $OH — C^6H^3 — I^2 (1.3.5)$. — Pour transformer la diiodaniline $C^6H^3 — AzH^2 — I^2 (1.3.5)$ en *phénol diiodé* $OH — C^6H^3 — I^2 (1.3.5)$, on dissout 5g de la base dans 60cm³ d'acide sulfurique concentré. La solution est versée en agitant avec une turbine dans 250cm³ d'eau, le sulfate de l'amine se précipite très divisé. Au mélange refroidi vers —5° on ajoute, lentement et en continuant à agiter, une solution de 1g,25 de nitrite dans 50cm³ d'eau glacée.

» L'addition terminée en une heure, on agite encore une heure ou deux en laissant la température remonter vers 15°. On constate que le dérivé diazoïque s'est bien formé en ajoutant à quelques gouttes du mélange un peu d'acide naphtoldisulfonique et observant le développement d'une matière colorante azoïque rouge. On porte peu à peu le liquide émulsionné à l'ébullition ; il se sépare un composé huileux dont une partie entrée en dissolution cristallise par refroidissement. Le produit de la réaction, recueilli et lavé, est purifié en le dissolvant, au BM, dans de la potasse étendue; une quantité importante d'une matière résineuse ne se dissout pas. La solution alcaline est précipitée par l'acide chlorhydrique. On dissout le précipité séparé dans l'eau bouillante; par refroidissement de la liqueur, on obtient un corps cristallisé en aiguilles incolores, fusibles à 103°-104°. Le rendement est de 2g à 2g,25. Ce composé est très soluble dans les solvants organiques; il distille un peu avec la vapeur d'eau et présente la composition d'un *diiodophénol* $C^6H^4OI^2$; c'est l'isomère $OH\text{-}C^6H^3\text{-}I^2$ (1.3.5).

» Son *éther éthylique* $C^2H^5O — C^6H^3 — I^2 (1.3.5)$ distille avec la vapeur d'eau sous

forme d'une huile incolore, se congelant par le froid. On l'obtient par refroidissement lent de sa solution dans l'alcool méthylique en longues aiguilles, fusibles à 29°-30°. Cet éther est soluble dans l'alcool, l'alcool méthylique, l'acide acétique et surtout le benzène. Il présente la composition d'un *phénéthol diiodé* $C^8H^8OI^2$.

» Son *éther acétique* $C^2H^3O\text{-}C^6H^3\text{-}I^2(1.3.5)$ cristallise dans l'éther de pétrole ou l'alcool méthylique en aiguilles incolores, fusibles à 79°. Ce corps très soluble dans l'acide acétique, le benzène, présente la composition $C^8H^6OI^2$. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire dans les éthers homologues du bornéol, de l'isobornéol et de l'acide camphocarbonique.* Note de MM. **J. Minguin** et **Gr. de Bollemont**, présentée par M. Haller.

« *Éthers bornyliques.* — Nous avons montré récemment ([1]) qu'une même fraction du poids moléculaire des éthers bornyliques : formiate, acétate, propionate, etc., laurate, dissoute dans un même volume d'un dissolvant, donne au polarimètre une déviation sensiblement constante. Nous confirmions ainsi une loi formulée par M. Tchügaeff de la façon suivante : « Le pouvoir rotatoire *moléculaire* $M_D = \alpha_D \times M$ reste constant dans une même série homologue à partir d'un certain terme de cette série ([2]). Pour compléter cette étude, nous avons préparé, d'après le processus indiqué par M. Berthelot ([3]), un éther, à poids moléculaire très élevé, le stéarate de bornyle et quelques autres éthers nouveaux non saturés, le crotonate et l'oléate.

» Dans le Tableau ci-dessous, nous donnons les propriétés physiques de ces éthers ainsi que celles du cinnamate, quoique ce dernier n'appartienne pas à la même série.

Noms des composés.	$\frac{1}{4}$ de molécule dans 1000^{cm^3}.	Déviation pour une longueur de 20^{cm}. Sol. alcool.	Solut. benz.	Points d'ébullition.
Stéarate de bornyle, $C^{28}H^{52}O^2$.	$2^g,625$ dans 25^{cm^3}	»	$\alpha = -4°10'$	»
Oléate, $C^{28}H^{50}O^2$.............	$2^g,6125$	$\alpha = -4°14'$	»	295° 18^{mm}
Crotonate, $C^{14}H^{22}O^2$..........	$1^g,3875$	$\alpha = -4°44'$	»	173° 19^{mm}
Cinnamate, $C^{19}H^{24}O^2$.........	$1^g,775$	$\alpha = -5°\ 2'$	»	fond à 33°

» La déviation $-4°10'$ pour le stéarate de bornyde est la constante

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 608. — *Bull. Soc. chim.*, t. XXVII, p. 593.
([2]) *D. ch. G.*, t. XXXI, p. 360, 1775, 2451.
([3]) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 263.

polarimétrique dans la benzine de toute la série des éthers bornyliques. Si nous avions pu opérer dans l'alcool, sans nul doute, nous aurions obtenu — 4° 30′ environ, qui est la constante polarimétrique dans l'alcool de cette série. Les nombres correspondant au crotonate et à l'oléate nous montrent que, contrairement à ce qui se passe dans certaines molécules (1), la double liaison n'exerce pas une bien grande influence sur le pouvoir rotatoire. Il en est de même pour le cinnamate de bornyle qui n'appartient pas à la même série.

» *Éthers isobornyliques*. — Dans le même but, nous avons préparé un certain nombre d'éthers isobornyliques, dont deux seulement, le formiate et l'acétate, étaient connus (2). Nous sommes partis d'un isobornéol de pouvoir rotatoire dans l'alcool $\alpha_D = -32°05'$.

» Nous donnons ci-dessous les propriétés de ces éthers :

Noms des composés.	$\frac{1}{4}$ molécule dans 1000^{cm^3}.	Déviation pour une longueur de 20^{cm}. Sol. alcoolique.	Sol. benz.	Pouvoir rotatoire du bornéol régénéré.	Points d'ébullition.	
Formiate d'isobornyle, $C^{11}H^{18}O^2$.	$1^g,1375$ dans 25^{cm^3}	$\alpha = -3°10'$	»	$\alpha_D = -24°3'$	103°	16^{mm}
Acétate, $C^{12}H^{20}O^2$..............	$1^g,225$	$-4°14'$	»	»	106°	14^{mm}
Propionate, $C^{13}H^{22}O^2$..........	$1^g,3125$	$-5°8'$	$-4°45'$	$-28°$	150°	13^{mm}
Isobutyrate, $C^{14}H^{24}O^2$..........	$1^g,400$	$-5°20'$	$-4°53'$	»	120°	14^{mm}
Butyrate, $C^{14}H^{24}O^2$............	$1^g,400$	$-5°40'$	$-5°6'$	$-29°2'$	123°	11^{mm}
Valérianate, $C^{15}H^{26}O^2$..........	$1^g,4875$	$-5°56'$	$-5°28'$	$-31°27'$	136°	12^{mm}
Laurate, $C^{22}H^{40}O^2$.............	$2^g,1$	$\alpha = -6°$	$-5°34'$	$-32°$	202°	30^{mm}

» En examinant ce Tableau, on croirait que les éthers isobornyliques n'obéissent pas à la loi énoncée plus haut et que la constance dans la déviation n'est atteinte qu'à partir du valérianate. L'exception n'est qu'apparente, et l'on s'en rend bien vite compte, si l'on considère le pouvoir rotatoire des bornéols régénérés par saponification. Ce pouvoir rotatoire va en effet en diminuant depuis le bornéol régénéré du valérianate jusqu'à celui du formiate. Ceci nous permet alors de dire que les premiers termes : acide formique, acétique, propionique, etc., déshydratent partiellement et inégalement l'isocamphol en donnant du camphène inactif. Celui-ci, en se combinant aux acides, fournit des éthers inactifs qui abaissent le pouvoir rotatoire.

---

(1) HALLER, *Comptes rendus*, t. CII, p. 1490. — FORSTER, *Chem. Cent. Bl.*, 4e série, 1903, p. 233.

(2) BERTRAM et WALBAUM, *Journ. f. prakt. Chem.*, 2e série, t. XLIX, p. 15.

» Remarquons en passant que, comme dans les éthers bornyliques, la benzine a pour effet de diminuer légèrement, et à peu près de la même quantité, le pouvoir rotatoire de tous les éthers isobornyliques.

» *Éthers camphocarboniques.* — Dans le même ordre d'idées, nous nous sommes adressés aux éthers camphocarboniques, dont deux seulement étaient connus, l'éther méthylique et éthylique (¹).

Noms des composés.	$\frac{1}{4}$ molécule dans 1000^{cm^3} d'alcool.	Déviation pour une longueur de 20^{cm} sol. alcoolique.	Points d'ébullition.	
Camphocarb. de méthyle $C^{12}H^{18}O^3$..	$1^g,3125$ dans 25^{cm^3}	$\alpha = +6°10'$	162°	16^{mm}
Camphocarb. d'éthyle $C^{13}H^{20}O^3$.....	$1^g,400$	$+6°30'$	164°	20^{mm}
Camphocarb. de propyle $C^{14}H^{22}O^3$...	$1^g,4875$	$+6°38'$	170°	19^{mm}
Camphocarb. d'isobutyle $C^{15}H^{24}O^3$..	$1^g,575$	$+7°14'$	177°	19^{mm}
Camphocarb. d'allyle $C^{14}H^{20}O^3$.....	$1^g.415$	$\alpha = +7°6'$	160°-170°	20^{mm}

» Si la constance n'est pas à comparer à celle des éthers bornyliques, on peut très bien en attribuer la cause à la formation d'isomères dans la préparation des éthers camphocarboniques. D'après les travaux de M. Brühl (²), il semble, en effet, que la forme énolique $C^8H^{14}\left\langle \begin{array}{l} C - CO^2R \\ \| \\ COH \end{array} \right.$ puisse exister en même temps que la forme cétonique. On peut envisager aussi la présence de stéréoisomères. Quoi qu'il en soit, on aperçoit une certaine allure caractérisant une série de composés analogues. Ici encore, la double liaison n'a pas beaucoup d'influence; il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer les déviations du camphocarbonate d'allyle et de son composé saturé correspondant, le camphocarbonate de propyle. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la chloruration des carbures aromatiques substitués, par le chlorure plombique ammoniacal.* Note de MM. **A. Seyewetz** et **P. Trawitz**, présentée par M. A. Haller.

« Le chlorure plombique ammoniacal $PbCl^4(AzH^4Cl)^2$, utilisé comme source de chlore naissant, donne, avec les carbures benzéniques, des

(¹) Minguin, *Ann. de Phys. et de Chim.*, t. II, 1894, p. 279. — V. Roser, *D. ch. Ges.*, t. XVIII, p. 3113.

(²) *D. ch. Ges.*, t. XXXV, p. 3510.

dérivés halogénés substitués dans le noyau aromatique (¹). Nous avons étudié l'action de ce composé sur les carbures aromatiques substitués : chlorés, bromés, iodés et nitrés.

» A. Carbures chlorés dans la chaine latérale : *Chloruration du chlorure de benzyle.* — Le chlorure plombique ammoniacal réagit sur le chlorure de benzyle bouillant avec dégagement d'acide chlorhydrique. On ajoute au chlorure de benzyle d'abord le tiers de la quantité théorique de chlorure plombique, et l'on maintient au réfrigérant ascendant jusqu'à décoloration du chlorure. A ce moment on essore et lave le chlorure de plomb avec un peu de chlorure de benzyle. On recommence l'opération dans les mêmes conditions en ajoutant successivement le deuxième et le troisième tiers du chlorurant. Le liquide final soumis à la rectification donne en majeure partie, vers 205°-206°, du chlorure de benzylidène et vers 213°-214° une petite quantité de phénylchloroforme. Ces deux corps ont été identifiés par leurs propriétés, par la saponification avec l'eau qui a donné de l'acide benzoïque et par le dosage du chlore dans le composé bouillant vers 213°-214°.

» *Chloruration du phénylchloroforme.* — Le chlorure plombique parfaitement sec ne réagit que très faiblement sur le phénylchloroforme à l'ébullition. En opérant comme précédemment, la rectification donne du phénylchloroforme non transformé et des traces de phénylchloroforme monochloré $C^6H^4\begin{cases}Cl & (1)\\ CCl^3 & (4)\end{cases}$ caractérisé par sa transformation en acide parachlorobenzoïque $C^6H^4\begin{cases}Cl & (1)\\ COOH & (4)\end{cases}$.

» B. Carbures chlorés dans le noyau aromatique. — 1. *Chloruration de l'orthochlorotoluène.* — Le chlorure plombique réagit facilement sur le chlorotoluène bouillant. On maintient au réfrigérant ascendant l'orthochlorotoluène avec le tiers seulement de la quantité théorique de chlorurant pour avoir un mélange suffisamment fluide. Il se dégage de l'acide chlorhydrique et le chlorure se décolore. Lorsque le dégagement d'acide cesse, on essore, on lave le chlorure de plomb avec du chlorotoluène (1.2) et l'on ajoute la seconde partie de chlorurant, puis la troisième, en opérant comme précédemment. La rectification donne une faible quantité de chlorotoluène non attaqué et exclusivement le composé $C^6H^4\begin{cases}Cl & (1)\\ CH^2Cl & (2)\end{cases}$ bouillant à 213°-214° que nous avons caractérisé : 1° Par sa transformation en acide orthochlorobenzoïque fusible à 136°-137° (oxydation par une solution étendue de permanganate).

» 2° Par sa saponification par l'eau bouillante qui donne de l'alcool orthochlorobenzylique fusible à 66°.

» 2. *Chloruration du parachlorotoluène.* — Ce dernier réagit comme son isomère ortho sur le chlorure plombico-ammoniacal.

» On obtient avec un bon rendement le composé $C^6H^4\begin{cases}Cl & (1)\\ CH^2Cl & (4)\end{cases}$ bouillant à 214°, fusible à 29° identifié :

» 1° Par sa transformation en acide parachlorobenzoïque fusible à 236°;

(¹) Seyewetz et Biot, *Comptes rendus*, 15 décembre 1902.

« 2° Par saponification avec l'eau bouillante qui a donné de l'alcool parachlorobenzylique fusible à 70°-71°;

» 3° Par le dosage du chlore.

» 3. *Chloruration du chlorobenzène.* — Le monochlorobenzène en excès ne réagit que très lentement à sa température d'ébullition sur le chlorure plombico-ammoniacal. Il se dégage d'abord du chlore, puis de faibles quantités d'acide chlorhydrique. Le chlorure plombique se décolore lentement (2 jours d'ébullition pour 70g de chlorobenzène et 50g de chlorure plombique). En tubes scellés la réaction ne semble pas être plus facile. En chauffant pendant 10 heures à 210° un mélange de chlorure plombique et un excès de chlorobenzène, on n'a pas obtenu la décoloration complète du chlorure.

» Nous avons ainsi obtenu à côté du chlorobenzène non attaqué une petite quantité de paradichlorobenzène distillant à 172° et fusible à 53° qui a été caractérisé par le dosage du chlore.

» C. Carbures bromés, iodés, nitrés : 1. *Chloruration du monobromobenzène.* — On chauffe à l'ébullition au réfrigérant à reflux le monobromobenzène (50g) avec la quantité théorique de chlorure plombique ammoniacal (140g) ajouté en 4 portions de 35g chacune, dans les mêmes conditions que pour les essais précédents. Il se dégage du brome et de faibles quantités d'acide chlorhydrique. La rectification du produit final donne du chlorobenzène, du bromobenzène et de petites quantités de tribromochlorobenzène fusible à 80°-81° identifié par le dosage total du chlore et du brome.

» 2. *Chloruration du monoiodobenzène.* — Le chlorure plombico-ammoniacal sec, réagissant sur le benzène mono-iodé à l'ébullition (190°) donne du mono-chlorobenzène et de l'iode libre. En présence de l'eau ou de l'acide chlorhydrique la température de décomposition du chlorure plombique est abaissée. On obtient en chauffant le mélange vers 100° un corps se sublimant partiellement que l'on extrait par lavage au chloroforme et évaporation de cette solution. Ce composé chauffé perd du chlore vers 80° et à 125° il reste du benzène iodé. Il possède toutes les propriétés du corps $C^6H^5ICl^2$ et a été identifié par le dosage total du chlore et de l'iode.

» 3. *Chloruration du nitrobenzène et de l'orthonitrotoluène.* — Le nitrobenzène chauffé à sa température d'ébullition ou pendant 5 heures en tubes scellés vers 210° avec le chlorure plombico-ammoniacal ne semble pas réagir sur ce corps. Il se dégage surtout du chlore et de petites quantités d'acide chlorhydrique. La rectification ne donne que du nitrobenzène et il reste un résidu goudronneux.

» L'orthonitrotoluène se comporte comme le nitrobenzène.

» *Conclusions.* — 1° Le benzène monochloré est difficilement attaqué à sa température d'ébullition ou en tubes scellés même vers 210°, par le chlorure plombico-ammoniacal.

» Le benzène bromé et le benzène iodé donnent des dérivés chlorobromés et choro-iodés.

» 2° Avec les homologues du benzène déjà chlorés dans le noyau aromatique, il ne se produit pas de nouvelle substitution dans ce noyau mais bien dans la chaîne latérale, que celle-ci soit ou non déjà chlorée.

» 3° Dans les carbures aromatiques à chaîne latérale seulement substitués dans cette chaîne par un halogène, la substitution s'y continue sans que le noyau aromatique soit attaqué.

» 4° La présence de groupes nitrés semble empêcher la chloruration par le chlorure plombico-ammoniacal. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les acides αβ-diméthylglutariques.* Note de M. E.-E. **Blaise**, présentée par M. A. Haller.

« J'ai montré dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1113) que la condensation du cyanacétate d'éthyle sodé avec le bromopivalate d'éthyle conduit à un acide $C^7H^{12}O^4$ différent de l'acide αα-diméthylglutarique. Pensant avoir affaire à un acide αβ-diméthylglutarique, je me suis occupé de la synthèse de celui-ci.

» L'acide αβ-diméthylglutarique renferme deux atomes de carbone asymétriques et, par suite, il en peut exister deux isomères racémiques. La synthèse de ce corps a déjà été tentée par M. Montemartini (*Gazetta*, n° 26, t. II, p. 289), qui n'est arrivé qu'à des produits impurs et liquides.

» Prévoyant des difficultés dans la séparation des deux isomères, j'ai cherché à les obtenir séparément en partant de molécules déjà orientées stéréochimiquement.

« J'ai donc condensé le cyanacétate d'éthyle sodé, d'une part avec le tiglate et, d'autre part, avec l'angélate d'éthyle.

» La condensation avec l'éther tiglique a été effectuée à chaud et a fourni un éther cyané,



$$C^2H^5O - CO - CH(CH^3) - CH(CH^3) - CH(CAz)CO^2C^2H^5,$$

bouillant à 172° sous 17^{mm}. Par saponification, on obtient un acide qui, chauffé à 145°, perd CO^2 sans s'anhydriser. L'acide bibasique ainsi obtenu a été purifié par éthérification ; l'éther éthylique bout à 138° sous 24^{mm} et donne par saponification l'acide αβ-diméthylglutarique qu'on fait cristalliser dans le benzène. Cet acide fond à 82°-88°; il est attaqué même à froid par le chlorure d'acétyle qui le transforme en un anhydride bouillant à 273°-276°. L'anhydride donne avec l'aniline un acide phénylamidé fondant à 147° et, avec la *p*-toluidine, l'acide toluidé correspondant qui fond à 117°-118°; enfin, hydraté, il régénère l'acide primitif.

» On sait que les alcalis, à chaud, transforment l'acide angélique en acide tiglique; la condensation du cyanacétate d'éthyle sodé avec l'angélate d'éthyle a donc été effectuée à froid; elle exige alors une dizaine de jours et fournit un éther cyané bouillant à 176° sous 25^{mm}. L'éther non condensé bout intégralement à 142°-144° et, par saponification, il donne exclusivement de l'acide angélique; il n'y a donc aucune transpo-

sition dans les conditions où la réaction a été effectuée. L'éther cyané, traité comme précédemment, conduit à un acide αβ-diméthylglutarique fusible à 82°-83°, attaquable à froid par le chlorure d'acétyle et dont tous les dérivés sont identiques à ceux qu'on obtient en partant de l'acide tiglique. Comme d'ailleurs il n'y a pas transposition de l'acide angélique en acide tiglique au cours de la réaction, il en résulte que contrairement aux prévisions stéréochimiques, les acides angélique et tiglique fournissent le même produit de condensation. Il est bon d'ailleurs de rappeler que ces deux acides donnent le même corps, par fixation d'acide bromhydrique, alors qu'ici encore, on devrait obtenir deux racémiques isomères. L'oxydation permanganique des acides fumarique et maléique reste donc le seul cas où la différence de constitution stéréochimique entraîne la différence des produits de réactions ultérieurs.

» Les recherches précédentes montrent d'autre part que l'acide



$$C^7H^{12}O^4$$

obtenu en partant du bromopivalate d'éthyle est différent de l'un au moins des acides αβ-diméthylglutariques prévus. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés de l'hexanediol 1.6. ou glycol hexaméthylénique et de ses principaux dérivés.* Note de M. l'abbé **J. Hamonet**, présentée par M. G. Lemoine.

« Pour passer du diphénoxyhexane, dont j'ai publié dernièrement la préparation (*Comptes rendus,* t. CXXXVI, p. 96), au glycol hexaméthylénique, j'ai suivi la méthode classique : transformation en hexane diiodé, diacétine et saponification.

» *Hexane diiodé.* — Ce corps a déjà été obtenu par M. Wassily Solonina (*Berichte,* t. XXVI, p. 2987), mais probablement en trop petite quantité, pour qu'il lui ait été possible d'en déterminer exactement les propriétés.

» Pour le préparer on chauffe vers 120°, pendant quelques heures, le diphénoxyhexane avec une solution concentrée d'acide iodhydrique



$$C^6H^5O(CH^2)^6OC^6H^5 + 2HI = 2C^6H^5OH + I(CH^2)^6I.$$

Il se forme deux couches; la partie inférieure séparée par décantation est débarrassée d'iode par lavage avec une solution d'acide sulfureux, et de phénol par une solution alcaline.

» L'hexane diiodé est un liquide incolore, qui distille très bien, sans décomposition sensible, à 163° sous la pression de $17^{mm},5$. Densité à 18° : $2^{mm},5$. Refroidi par de l'eau glacée il cristallise en longues aiguilles, qui fondent à $+9°,5$. C'est par cristallisations fractionnées que j'ai pu obtenir ce corps parfaitement incolore et fondant à $+9°,5$. M. Wassily Solonina le décrit comme fondant à 6°-7° et ne bouil-

lant pas sans décomposition. L'analyse m'a donné, iode pour 100 : 75,18 et 75,02; calculé pour $C^6H^{12}I^2$: 75,14.

» *Diacétine de l'hexanediol.* — Pour l'obtenir, j'ai dissous 50g d'hexane diiodé dans 50g d'acide acétique cristallisable, et j'ai versé peu à peu le mélange sur une bouillie formée de 50g d'acétate d'argent et de 50g d'acide acétique. Dans ces conditions, la réaction se produit sans trop grande élévation de température; on l'achève en chauffant quelque temps au bain-marie. Après épuisement par l'éther et distillation de ce dernier, il convient de traiter de nouveau le mélange restant par une petite quantité d'acétate d'argent pour transformer l'hexane diiodé, que n'aurait pas atteint la première réaction. Un nouvel épuisement à l'éther fournit un liquide, que l'on distille d'abord à la pression ordinaire, puis à pression réduite. Quand tout l'acide acétique est enlevé, le reste passe à 142° sous la pression de 16mm. C'est la diacétine du glycol hexaméthylénique. L'analyse a donné : C pour 100, 59,49 et 59,67 au lieu de 59,40; H pour 100, 8,91 et 8,81; calculé, 8,91.

» La diacétine de l'hexanediol est un liquide incolore insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et dans l'éther. Son odeur est agréable, sa saveur amère et brûlante. Dans un mélange de glace et de sel elle cristallise en longues aiguilles, qui fondent à + 5°. Elle bout à 262° sous la pression de 765mm. Densité à 18° : 1,017.

» *Glycol hexaméthylénique ou adipique :* $CH^2OH(CH^2)^4CH^2OH$. — La saponification de la diacétine a été opérée au moyen de la quantité théorique de potasse pulvérisée. Après avoir chauffé quelque temps le mélange au bain-marie, on a distillé dans le vide. Les premières gouttes qui passent ont encore l'odeur de la diacétine; bientôt le liquide qui distille se prend en cristaux dans le récipient.

» On dissout ces cristaux dans l'eau, et l'on enlève avec de l'éther les traces de diacétine, qui rendent la solution laiteuse. Après évaporation de l'eau, le glycol cristallise en aiguilles rayonnantes. A l'analyse on a trouvé : C pour 100, 60,95, 60,77, et H pour 100, 11,77, 11,79; la théorie demande pour $C^5H^{14}O^2$: C pour 100, 61,01, et H pour 100, 11,86.

» Le glycol hexaméthylénique est un *solide* blanc à saveur fraîche et légèrement amère. Il est soluble dans l'eau, dans l'alcool et même un peu dans l'éther anhydre bouillant. Il fond à 42° et distille *sans aucune décomposition,* soit dans le vide à 152° sous la pression de 17mm, soit dans l'air à 254° sous la pression de 767mm, par conséquent plus bas que sa diacétine. On le voit, il y a loin de ces propriétés à celles que MM. L. Haworth et W.-H. Perkin attribuent à leur glycol hexaméthylénique, qu'ils décrivent comme un *liquide sirupeux, bouillant, non sans décomposition, à* 235°-240°.

» *Le dibenzoate d'hexaméthylène* préparé par l'hexane diiodé et le benzoate d'argent cristallise en lames brillantes, qui fondent à 56°. L'analyse a donné : C pour 100, 73,07 au lieu de 73,61, et H pour 100, 6,56 au lieu de 6,59.

» *Le dicarbanilate d'hexaméthylène* $(C^6H^5AzHCO^2CH^2CH^2CH^2)^2$ a été obtenu par l'action de l'isocyanate de phényle $COAzC^6H^5$ sur le glycol dissous dans l'éther anhydre bouillant; peu soluble dans l'éther, il se dissout assez bien à chaud dans le chloroforme, d'où il se précipite par refroidissement en cristaux fondant à 171°-172°. A l'analyse il a donné : Az pour 100, 8,92; la théorie demande pour $C^{20}H^{24}O^4Az^2$: Az pour 100, 8,69.

» Que le glycol obtenu soit le glycol hexaméthylénique ou adipique, c'est ce qu'on peut raisonnablement conclure de la méthode employée pour le préparer. J'ai tenu cependant à en établir la constitution par une nouvelle preuve. J'ai transformé son diiodure en dinitrile, puis en acide subérique.

» *Nitrile subérique.* — Je l'ai obtenu en chauffant pendant 45 minutes 34^{gr} d'hexane diiodé avec 18^{gr} de cyanure de potassium et 50^{gr} d'alcool à 90°. Après avoir chassé la la majeure partie de l'alcool, j'ai épuisé le résidu par le chloroforme. Par distillation, j'ai isolé environ $11^{gr},5$ au lieu de 13^{gr} d'un liquide qui m'a donné à l'analyse azote pour 100 : 20,90; calculé pour $C^8H^{12}Az^2$, 20,588.

» Ce nouveau nitrile est un liquide incolore, bouillant sans décomposition à 185° sous la pression de 15^{mm}, densité à 18° : 0,954. Dans un mélange de glace et de sel, il cristallise en belles aiguilles qui fondent à — 3°,5.

» *Nouvelle synthèse de l'acide subérique.* — 2^{gr} de nitrile subérique ont été chauffés en tube scellé au bain-marie, avec 40^{gr} d'acide chlorhydrique concentré, pendant 45 minutes. Le tube s'est rempli de cristaux, qui ont été d'abord lavés à l'eau froide, puis dissous dans l'eau bouillante. Par refroidissement, la solution laisse déposer de fines aiguilles qui fondent à 140°, point de fusion de l'acide subérique.

» L'hexane diiodé et le glycol correspondant sont donc bien les composés biprimaires 1.6 ou *hexaméthyléniques*.

» Ce travail, joint à celui que j'ai publié en 1901 sur le *butanediol* 1.4 (*Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 259, 345, 630), jette, ce me semble, un nouveau jour sur l'intéressante série des glycols *biprimaires*, dont on ne connaissait jusque-là d'une façon exacte et sûre que le glycol éthylénique de Wurtz et le glycol triméthylénique de Reboul. »

PHYSIOLOGIE. — *Contribution à la physiologie de l'oreille interne.* Note de M. **Marage**, présentée par Yves Delage.

« La question à résoudre est la suivante : étant donné que l'étrier se déplace de millièmes de millimètre [1], quelle est la nature des mouvements que ces déplacements impriment aux liquides de l'oreille interne : la périlymphe et l'endolymphe?

» Deux théories sont aujourd'hui en présence; la première, encore classique, est celle de Helmholtz : pour cet auteur « ce sont des vibrations transmises aux liquides, et certaines parties de l'organe de Corti vibrent à l'unisson ». La seconde théorie, plus récente, admet que ce sont des mouvements du liquide, en totalité, qui vient frotter à la fois toute la surface

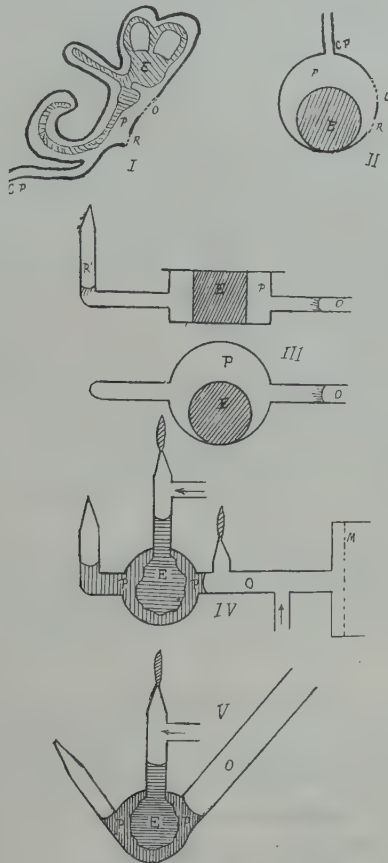
---

[1] Note à l'Académie de Médecine, février 1901.

épithéliale auditive. Je vais exposer des expériences qui montrent que ces deux théories ne semblent pas absolument exactes, et qu'il faut en admettre une troisième.

» *Première expérience.* — Dans un tube de verre de 2^{mm} de rayon, de manière que sa section droite ait une surface à peu près égale à celle de l'étrier, on met de l'eau distillée contenant des otolithes de grenouille, et l'on soumet ce liquide aux vibrations de la sirène à voyelles, transmises par l'intermédiaire d'une membrane de caoutchouc; quelles que soient l'intensité des vibrations et leur durée, quel que soit le volume du liquide, il est absolument impossible de le faire entrer en vibration; la théorie de Helmholtz, sans citer d'autres raisons fort nombreuses, semble donc bien improbable.

» *Deuxième expérience.* — L'oreille interne est représentée schématiquement dans la figure I; un sac membraneux, fermé, contenant l'endolymphe E et les cellules audi-



CP, Canal périlymphatique.
E, Endolymphe.
M, Membrane vibrante.
O, Fenêtre ovale.
P, Périlymphe.
R, Fenêtre ronde.
R', Manomètre à air.

tives, est plongé dans un récipient qui renferme la périlymphe P; ce liquide est mis en rapport avec l'extérieur par les trois moyens suivants :

» *a.* La fenêtre ovale O qui suit les déplacements de l'étrier;

» *b*. La fenêtre ronde R dont la surface est la moitié de la première, elle suit en sens inverse tous les mouvements de la fenêtre ovale;

» *c*. Le canal périlymphatique CP qui communique avec le liquide céphalo-rachidien. La figure II représente un schéma encore plus simplifié, mais contenant les éléments essentiels de l'oreille interne.

» On peut facilement reproduire ce dispositif de la façon suivante : deux petits cylindres de même hauteur (*fig*. III), mais de diamètre inégal, sont tangents intérieurement; leurs bases sont formées de deux lamelles de verre; le cylindre intérieur (endolymphe) est en baudruche très mince; le cylindre extérieur en verre (périlymphe) communique avec deux tubes à 180° l'un de l'autre : l'un des tubes est recourbé et effilé, il contient de l'air R' qui forme un petit manomètre et représente la résistance opposée par la fenêtre ronde et le canal périlymphatique; les deux cylindres sont remplis d'eau contenant des otolithes; les liquides sont soumis, par l'intermédiaire du tube ouvert O, à des vibrations bien déterminées et dont on connaît le tracé.

» Si l'on examine au microscope ce qui se passe pendant les vibrations, on constate que la périlymphe est animée de mouvements de va-et-vient en totalité, tandis que l'endolymphe est absolument immobile; donc les cellules auditives ne sauraient être influencées par des transports de liquide en totalité, puisque le liquide dans lequel elles baignent ne bouge pas.

» *Troisième expérience*. — Il s'agit de prouver que le sac endolymphatique est soumis à des différences de pression; pour cela on répète l'expérience précédente en remplaçant les deux cylindres par des sphères tangentes intérieurement (*fig*. IV et V); la sphère intérieure, en baudruche très mince, communique avec un tube ouvert et effilé, relié latéralement avec un autre tube par lequel arrive du gaz acétylène; le tout est rempli du même liquide que l'appareil précédent; le volume total du liquide est le même que celui de l'oreille interne (190^{mm^3} environ).

» Si l'on examine le ménisque au microscope, on voit qu'il est animé de mouvements très rapides de bas en haut, qui indiquent des différences de pression.

» Il est important de voir si ces différences de pression ont un certain rapport avec les tracés des voyelles; pour cela, on allume le gaz acétylène et, avec un chronophotographe de Marey, à mouvement continu, on photographie la flamme lorsque le liquide est soumis aux vibrations des voyelles.

» On constate que l'on obtient les mêmes tracés que si l'on photographiait directement les vibrations dans l'air. Donc, le sac endolymphatique, qui, dans la nature, est complètement clos, est soumis à des pressions variables et groupées de façon spéciale pour chaque voyelle.

» *En résumé*, les vibrations, en arrivant au tympan, communiquent à l'étrier des déplacements qui sont au plus de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de millimètre; ces déplacements, transmis par la périlymphe, impriment au sac endolymphatique des variations de pression qui sont groupées comme les tracés des vibrations qui arrivent au tympan; on pourrait presque dire que l'étrier agit à la façon d'un manipulateur du télégraphe Morse, et, dans l'endolymphe, il n'y a ni vibration, ni translation de liquide en totalité, mais simplement des différences de pressions.

» Autant qu'il est possible d'en juger d'après les déplacements du ménisque, examinés au microscope, les variations de pression dans l'oreille interne sont représentées par des unités de même ordre que les actions qui impressionnent les autres nerfs sensoriels ou sensitifs; le nerf acoustique cesse donc d'être une exception et rentre dans la loi commune. »

HISTOLOGIE. — *Cycle évolutif des tissus privés de leurs rapports intimes avec les nerfs.* Note de M. **N.-Alberto Barbieri**, présentée par M. Alfred Giard.

« Plusieurs observateurs ont déjà décrit chez les Mammifères les troubles qui, dans les tissus, suivent la section des nerfs correspondants. Cependant, je crois qu'on n'a pas essayé d'éliminer toutes causes possibles de collatéralité nerveuse. Voici comme on peut opérer :

» On met à nu chez des Lapins le muscle biceps, on serre par une double ligature l'extrémité supérieure de ce muscle. L'espace libre compris entre les deux ligatures doit être au moins de 2^{cm}. Cette même double ligature est répétée à l'extrémité inférieure du biceps. On sépare alors le biceps par deux sections faites entre la double ligature supérieure et la double ligature inférieure. On pratique la section de la branche tantôt unique, tantôt double, que le nerf musculo-cutané envoie au biceps. Le muscle ainsi séparé de ses insertions osseuses et des nerfs se trouve en rapport avec le reste de l'organisme seulement par les vaisseaux sanguins. Une aiguille, enfoncée à l'intérieur des fibres du biceps isolé, ne provoque pas la moindre contraction. Mais si, 30 ou 35 jours après l'opération, on examine le biceps ainsi isolé, on trouve que le tissu musculaire est réduit de forme et de volume. Il suffit alors d'enfoncer une aiguille dans les fibres musculaires pour provoquer des contractions fibrillaires très évidentes. Ces contractions suivent les mouvements rythmiques du cœur; on peut aisément les augmenter si l'on coupe au cou du Lapin l'un des deux nerfs vagues. On voit alors les contractions fibrillaires devenir très rapides, très intenses et toujours rythmiques, en concordance avec celles du cœur. Les fibres musculaires du biceps isolé ayant perdu leurs tonus se trouvent seulement sous l'influence de la contraction artérielle. Dans une période encore plus éloignée de l'opération (3 mois), on trouve la masse musculaire de plus en plus réduite; enfin les fibres du biceps isolé finissent par se transformer en tissu tendineux. Ce tissu tendineux s'est formé lentement de la périphérie au centre du biceps. Ce même tissu tendineux se remarque dans les opérations d'hétéroplastie musculaire toutes les fois que les fibres d'un segment de biceps emprunté à un Lapin et intercalé entre les bouts d'un biceps sectionné chez un autre Lapin ne forment plus partie intégrale de la structure et de la fonction du biceps chez le Lapin porteur du tissu emprunté [1].

---

[1] *Comptes rendus*, 23 avril 1900.

» On isole, chez d'autres Lapins, le biceps de la manière ci-dessus indiquée et, si on laisse intactes les branches nerveuses en coupant, avec les précautions nécessaires, seulement les vaisseaux sanguins, on voit que la marche du phénomène n'est pas exactement la même. Au bout de trois mois environ, on constate qu'une légère atrophie s'est produite dans les fibres musculaires du biceps isolé. Il est probable que les liquides intersticiels des tissus, ou la lymphe, ont assuré, bien que d'une manière insuffisante, la nutrition du biceps isolé. On ne peut pas provoquer des contractions fibrillaires à l'aide des aiguilles enfoncées à l'intérieur du muscle isolé. Enfin, chez d'autres Lapins, on isole le biceps et on laisse intact le faisceau neuro-vasculaire. C'est seulement au bout de cinq mois qu'on constate alors une légère atrophie, due probablement au repos très prolongé du biceps isolé. Cependant le plus grand nombre des fibres musculaires du biceps isolé conservent encore leur forme et leur structure normales.

» Toutes les opérations doivent être exécutées avec le plus grand soin; la suture des téguments externes doit se produire absolument par première intention, et aucune cause pathologique ne doit troubler la marche normale des opérations.

» Les glandes séparées des nerfs s'atrophient lentement et laissent un tissu conjonctif, probablement le tissu conjonctif du stroma glandulaire.

» Ces observations ne sont guère favorables à la théorie qui admet que, dans les opérations d'hétéroplastie chez les Mammifères, un tissu, greffé en dehors de ses rapports anatomiques habituels, peut remplir la fonction du même tissu enlevé avant ou après l'opération d'hétéroplastie.

» De ces recherches préliminaires il me semble résulter que les nerfs jouent un rôle actif et considérable dans l'évolution morphologique et dans l'évolution chimique de tous les tissus. »

BOTANIQUE. — *Sur l'ovule et la fécondation des Asclépiadées.* Note de M. **Paul Dop**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Dans une Note précédente (¹) j'ai décrit le développement et la structure de l'ovule des Asclépiadées de la tribu des *Céropégiées* en prenant comme exemple le *Stapelia variegata* L. Depuis, j'ai étendu ces recherches à diverses espèces appartenant aux principales tribus de la famille.

» J'ai, en outre, étudié les phénomènes intimes de la fécondation dans les deux espèces suivantes : le *Gomphocarpus fruticosus* R.-Br. et l'*Araujia albens* Don.

---

[1] Paul Dop, *Sur le développement de l'ovule des Asclépiadées* (*Comptes rendus*, 10 novembre 1902).

» *Développement de l'ovule.* — Dans tous les cas examinés, l'ovule, réduit à son nucelle, se développe comme une excroissance du placenta sans présenter jamais de tégument. Au début de son évolution c'est un mamelon cylindrique, dont les modifications ultérieures de forme se ramènent à deux types. Dans l'*Asclepias Douglasi*, le *Marsdenia erecta* et le *Gomphocarpus textilis*, la forme primitive se conserve, de telle sorte qu'à l'état adulte l'ovule a la forme d'un cylindre de longueur égale à la largeur, inséré par une funicule grêle sur le placenta. Par contre, dans l'*Araujia albens*, l'*Oxypetalum cœruleum* et le *Stapelia variegata*, il s'allonge beaucoup dans une direction perpendiculaire au placenta, et, au lieu de rester cylindrique, son extrémité libre s'amincit pour se terminer par un bec relevé vers le sommet de l'ovaire. Quelle que soit d'ailleurs la forme adulte de l'ovule, la cellule mère primordiale du sac embryonnaire provient toujours de la différenciation d'une cellule sous-épidermique située sur la face inférieure de l'ovule dans une région voisine du point d'insertion du funicule. En même temps, la cellule épidermique qui la surmonte se divise par des cloisons radiales en 3 ou 4 cellules, de façon à en coiffer l'extrémité.

» J'ai montré que, dans le *Stapelia variegata*, le cloisonnement multiplié de ces 3 ou 4 cellules par des cloisons tangentielles, enfonçait la cellule mère primordiale du sac embryonnaire dans le parenchyme ovulaire. De plus, j'ai indiqué que la destruction de la file moyenne de ces cellules déterminait la formation d'un canal qui jouait le rôle d'un micropyle.

» Ce processus se retrouve dans le *Gomphocarpus textilis*, l'*Asclepias Douglasi* et le *Marsdenia erecta*. Il n'en est pas de même dans l'*Araujia albens* et l'*Oxypetalum cœruleum*. Là les trois cellules épidermiques précédentes ne se divisent jamais, mais les cellules épidermiques environnantes se divisent abondamment par des cloisons radiales; il en résulte la formation d'une dépression qui refoule vers l'intérieur la cellule mère primordiale du sac embryonnaire. Ce refoulement atteint son maximum dans l'*Oxypetalum cœruleum*, dans lequel cette cellule est repoussée jusque dans le bec qui surmonte l'extrémité libre de l'ovule. Dans cette espèce, ainsi que dans l'*Araujia albens*, le canal qui joue le rôle d'un micropyle est formé par la cavité d'invagination au fond de laquelle se trouvent les trois cellules épidermiques qui coiffent l'extrémité du sac embryonnaire.

» *Développement du sac embryonnaire.* — Le sac embryonnaire de l'*Araujia albens* se développe exactement comme celui du *Stapelia variegata* : la cellule mère primordiale se divise en quatre cellules filles par trois cloisons perpendiculaires à son grand axe, formées successivement du milieu de la cellule vers son extrémité micropylaire. Deux de ces cellules se fusionnent en une cellule unique où se forment l'oosphère, les synergides et le noyau secondaire du sac. Les deux autres donnent naissance par division de l'une d'elles aux antipodes. J'ai d'ailleurs décrit en détail ces phénomènes dans l'étude du sac embryonnaire du *Stapelia variegata*. Néanmoins le sac embryonnaire adulte de l'*Araujia albens* se distingue de celui du *Stapelia variegata* par ce fait qu'il est extrêmement allongé et qu'un long canal dépourvu de protoplasma unit les trois antipodes à la région micropylaire du sac, dans laquelle sont localisés le noyau secondaire, les synergides et l'oosphère.

» Dans les genres *Asclepias, Marsdenia* et *Gomphocarpus* j'ai observé un autre

mode de développement caractérisé essentiellement par ce fait que la cellule mère primordiale du sac embryonnaire se divise seulement en trois cellules filles.

» L'*oxypetalum cœruleum* présente une particularité intéressante. Son sac embryonnaire, très allongé, provient de la segmentation en trois cellules de la cellule mère primordiale. Mais ici il ne se forme jamais trois antipodes : la cellule opposée au micropyle ne donne naissance qu'à deux cellules filles qui entrent rapidement en régression. Leur noyau se fragmente, leur protoplasma disparaît et à l'état adulte le sac embryonnaire est réduit à l'oosphère, aux synergides et au noyau secondaire.

» *Fécondation.* — Dans les deux espèces dont j'ai étudié la fécondation, le *Gomphocarpus fruticosus* et l'*Araujia albens,* j'ai constaté que le tube pollinique pénétrait dans l'ovule par le canal analogue au micropyle dont j'ai montré plus haut le mode de formation. Le tube pollinique pénètre à travers une synergide, pour arriver jusqu'au contact de l'oosphère. Son extrémité libre qui, dans le *Gomphocarpus fruticosus,* se sépare par une cloison du reste du tube pollinique, se colore fortement par l'éosine. Elle met en liberté deux noyaux de petite taille, de forme elliptique, qui présentent les caractères propres aux noyaux reproducteurs des *Asclépiadées.* Leur substance chromatique est condensée en une masse sphérique, plus petite que le noyau et comparable par ses dimensions à un nucléole. Le reste du noyau est formé par une membrane faiblement colorable et un suc nucléaire dans lequel apparaît un réticulum colorable par l'éosine.

» L'un de ces deux noyaux mâles s'unit au noyau secondaire du sac, et comme ce dernier est constitué par la fusion de deux noyaux, dont les masses chromatiques ne sont pas encore unies, il en résulte qu'immédiatement après sa fécondation le noyau de l'albumen présente 3 sphères chromatiques. D'ailleurs ces 3 sphères ne tardent pas à se fusionner en une seule sphère volumineuse.

» De même le deuxième noyau mâle s'unit au noyau de l'oosphère, et leurs masses chromatiques d'abord distinctes se fusionnent rapidement. Pendant que ces modifications se produisent les antipodes disparaissent.

» Les faits que j'ai établis dans cette Note se rapportent d'une part au développement du sac embryonnaire, de l'autre à la fécondation. Sauf dans l'*Oxypetalum cœruleum,* le sac embryonnaire adulte des Asclépiadées paraît comme dans les autres Angiospermes symétrique par rapport à deux plans. Or, le développement montre que cette symétrie n'est qu'apparente. En effet, les antipodes ne sont pas comparables entre eux, pas plus que leur ensemble n'est comparable au groupe des synergides et de l'oosphère.

» J'ai en outre montré l'existence dans cette famille de Gamopétales la double fécondation de l'oosphère et du noyau secondaire du sac. »

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'épiplasme des Ascomycètes.* Note de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Nous avons signalé, antérieurement, la présence, dans les levures et dans quelques moisissures, d'une grande quantité de granulations assimilables aux *grains rouges de Bütschli* et aux *corpuscules métachromatiques de Babès*, rencontrés par ces auteurs dans les Bactéries et les Cyanophycées : nous avons essayé de différencier ces corps dans le bacille de la diphtérie et nous avons pu nous rendre compte de leur identité avec ceux des levures et des moisissures. Nous avons montré, en outre, que ces granulations devenaient très nombreuses au moment de la sporulation des levures, puisqu'elles se dissolvaient et étaient absorbées par les spores. Pour cet ensemble de raisons, nous les avions considérés comme des matières de réserves.

» Depuis, ces granulations ont été l'objet de nombreuses recherches qui ont abouti à des conclusions contradictoires et nous ont engagé à reprendre leur étude. Pour cela, nous avons étudié l'épiplasme de quelques Discomycètes qui nous a montré une quantité considérable de corpuscules métachromatiques. Nos observations ont porté spécialement sur l'*Ascobolus marginatus* (Patouillard).

» Les cellules mères des asques de ce Champignon sont constituées chacune, au début de leur formation, d'un cytoplasme médian très dense et homogène, renfermant le noyau et aux deux pôles de grosses vacuoles séparées par des brides cytoplasmiques très minces. Le glycogène se forme uniquement dans le cytoplasme médian, qui ne contient pas de corpuscules métachromatiques, sauf au voisinage des vacuoles; au contraire, ces derniers sont situés aux deux pôles et généralement dans l'intérieur des vacuoles. Ils paraissent naître surtout sur les deux bords du cytoplasme médian limitant les vacuoles au voisinage du noyau, pour s'introduire ensuite dans les vacuoles, où ils augmentent de dimension. Ils sont identiques à ceux que nous avons décrits dans les levures.

» Les spores naissent dans le cytoplasme médian; elles sont d'abord petites et limitées par une fine membrane; elles restent entourées pendant quelque temps d'un peu de cytoplasme inutilisé à leur formation, imprégné de glycogène; les corpuscules métachromatiques restent encore localisés aux deux pôles. Ces spores ne tardent pas à s'envelopper d'une membrane cellulosique très épaisse et à se gonfler de manière à envahir tout l'asque : elles sont alors entourées partout de glycogène et de corpuscules métachromatiques, qui, à ce moment, se mélangent dans l'asque et se répartissent partout; il n'existe alors presque plus de cytoplasme visible.

» Pendant le développement de la cellule mère de l'asque et lors de la formation des spores, le glycogène et les corpuscules métachromatiques deviennent sensiblement plus abondants. Ces derniers affectent des formes très variables; ils paraissent même différer les uns des autres par leur consistance; les uns, nettement sphériques, semblent compacts et se brisent lorsqu'on les écrase; d'autres ont des contours irréguliers et une consistance semi-liquide. Ils varient également beaucoup par leurs dimensions; les uns sont de très gros globules de 4^{μ} à 6^{μ}, les autres apparaissent comme de fines ponctuations. Cependant, ils semblent se fragmenter vers la fin du développement; à ce moment, ils s'agglomèrent autour des spores, dont la membrane se tapisse d'une grande quantité de ces petits corpuscules. Parfois, ils sont très petits et très nombreux et paraissent englobés d'une substance qui se colore de la même façon, mais uniformément et sans différenciation, et l'on pourrait croire qu'il se produit là des phénomènes de dissolution; toutefois, il est possible que ces aspects tiennent à des illusions d'optique; en tous cas, on ne constate jamais de dissolution apparente comme nous en avons observé dans les levures.

» A leur maturité, les spores s'entourent d'une membrane cutinisée, à ornements lamellaires. Dès la cutinisation, les corpuscules métachromatiques, qui, jusqu'alors, entouraient les spores, ont entièrement disparu, de même que le glycogène; l'épiplasme a donc été complètement absorbé.

» Les spores adultes sont constituées d'un cytoplasme médian très dense, contenant un noyau qui ressemble tout à fait à celui que nous avons décrit dans les levures et de deux vacuoles polaires renfermant souvent du glycogène. Il n'existe pas de corpuscules métachromatiques à l'encontre de ce que nous avions observé dans les levures.

» Il résulte de ces observations que l'épiplasme renferme une grande quantité de corpuscules métachromatiques et que ces derniers paraissent *être entièrement absorbés par les spores* en même temps que le glycogène. Ils semblent donc se comporter, dans les asques des Ascomycètes, de même que dans ceux des levures, comme des matières de réserves ou comme des produits jouant un rôle actif dans la nutrition.

» Ces observations confirment l'opinion que nous avions déjà formulée pour les levures. Cependant, MM. Matruchot et Molliard ont différencié depuis des grains rouges dans le *Stichococcus bacillaris* et les ont considérés comme des produits de dégénérescence; les uns, solubles dans l'acide acétique, dériveraient d'une dégénérescence cytoplasmique; les autres, insolubles dans l'acide acétique, proviendraient d'une chromatolyse du noyau (¹). Il est probable qu'il existe plusieurs catégories de granula-

(¹) MM. Vaney et Conte ont signalé, tout dernièrement, dans un Protozoaire, des grains rouges, formés aux dépens du noyau, qu'ils rapprochent des grains de zymogène observés dans les cellules animales.

tions d'origine différente, se rattachant par leurs propriétés métachromatiques, et que les corps que nous avons décrits dans les champignons ne correspondent pas à ceux qui ont été signalés par ces auteurs. Les corpuscules métachromatiques des champignons se distinguent, en effet, des grains rouges cytoplasmiques de MM. Matruchot et Molliard par leur insolubilité dans l'acide acétique; ils diffèrent aussi des graines rouges nucléaires par le fait qu'ils apparaissent dès le début du développement et sont nettement indépendants de toute dégénérescence nucléaire. Nous avons repris, à ce point de vue, l'étude d'un certain nombre de moisissures et nous avons pu constater que ces corps, bien qu'ils naissent presque toujours autour des noyaux, ne proviennent d'aucune altération de ces derniers, qui subsistent avec leur structure jusqu'à la fin du développement. »

ANTHROPOLOGIE. — *Sur une grotte ossuaire près Châteauneuf-les-Martigues.* Note de MM. A. Cotte et Ch. Cotte, présentée par M. Alfred Giard.

« Dans un vallon voisin de Châteauneuf-les-Martigues, nous avons découvert une grotte ossuaire à incinération, à laquelle nous avons consacré d'assez nombreuses journées de fouilles.

» Orientée vers l'O, elle forme un simple couloir de 4^m de hauteur environ sur $2^m,50$ de largeur moyenne. Sa longueur est indéterminée, car le fond en est obstrué par des amas d'argile, mais on peut l'évaluer à 20^m. L'accès en est difficile. Au-dessous de la grotte existent de beaux abris que nous nous proposons d'étudier ultérieurement.

» Dans cette grotte nous n'avons pu jusqu'à ce jour constater la présence de sépultures au delà de 6^m à compter de l'entrée. A l'extrémité de ce court ossuaire la paroi gauche a été creusée de manière à former une niche sépulcrale. Des pierres ont été rangées suivant des alignements orientés en divers sens. Lorsque a eu lieu l'inhumation les crânes étaient brisés. Les fragments de crânes suffisamment importants ont été plusieurs fois employés comme une sorte de récipient qui contenait des débris d'autres os. D'ailleurs il semble qu'on ait voulu réunir les restes funèbres dans le plus petit espace possible. Les bûchers avaient été formés hors de la grotte.

» Avec les ossements nous avons recueilli quelques coquilles marines, des fragments de poteries, et des silex.

» La poterie est de pâte fine, couleur rouge brun. Sa facture est semblable à celle de certaines poteries de la Baume du Luce, à Régalon (Vaucluse), signalées par l'un de nous (*Feuille des Jeunes Naturalistes*, 1er janvier 1903).

» Les silex trouvés peuvent se diviser en fragments, éclats, instruments et pointes de flèche ou de lance. Les instruments comprennent une scie, un grattoir et un tranchet, ces deux derniers outils douteux. Les pointes de flèche ou de lance, presque toutes

taillées sur les deux faces et à très fines retouches, varient depuis la forme feuille de laurier ou losangique, mince (type du tumulus du Co-de-Botte, près Marseille), jusqu'à la pointe trapue, à section ovalaire et à bords parallèles.

» Les ossements déjà trouvés sont très nombreux et correspondent à un chiffre d'individus difficile à évaluer, une quarantaine au moins. Malheureusement, ils sont tous incomplets; le mauvais état de conservation et l'enchevêtrement de ces débris en ont rendu l'exhumation très difficile ou impossible, et toute reconstitution de crâne est inutile à tenter.

» La plupart des fragments de la voûte cranienne ne sont pas épais; les empreintes cérébrales sont peu profondes; les sutures médianes ne font pas de relief sensible; un bregma offre une synostose parfaite. Dans l'ensemble, les contours de la calotte paraissent décrire des courbes sans brusque ressaut. De même que la protubérance occipitale externe, les lignes temporales sont rarement accusées; les courbes occipitales le sont plus souvent. Les arcades sourcilières font une médiocre saillie qui meurt peu au delà du trou sus-orbitaire, donnant une glabelle en relief au-dessus d'un front non fuyant. Les sinus frontaux sont d'un faible volume.

» Les débris de maxillaire supérieur ne montrent pas de prognathisme marqué; la voûte palatine est assez profonde; la courbe alvéolaire, plutôt elliptique.

» Les maxillaires inférieurs sont en général minces et d'une faible hauteur d'arcade. Les branches montantes ne sont pas larges; les angles postérieurs souvent sont arrondis. Le menton se termine ordinairement en une saillie triangulaire étroite, en avant du plan des incisives; rarement, cette partie du menton est échancrée en son milieu et en bas. Le prognathisme est faible.

» La plupart des dents ne sont pas très usées; ces ostéoïdes sont en outre peu volumineux; quelques-uns sont cariés. Les premières molaires sont plus petites que les deuxièmes, celles-ci plus grandes que les troisièmes.

» En un mot, beaucoup des ossements rapportés jusqu'à ce jour présentent des caractères communs et nous paraissent avoir bien des ressemblances avec ceux des races de Furfooz. A côté de ce type prédominant nous croyons qu'il faut laisser un peu de place à d'autres types.

» Nous continuons d'ailleurs à explorer cette grotte, qui doit être rattachée à la fin du néolithique ou au début de l'âge du bronze. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'une communication directe entre les Bassins parisien et belge, à l'époque yprésienne.* Note de M. **Maurice Leriche**.

« L'idée d'une communication directe entre les Bassins parisien et belge, aux époques lutétienne et yprésienne, fut émise par Hébert [1]

---

[1] E. Hébert, *Note sur le terrain tertiaire moyen du nord de l'Europe.* (*Bull. Soc. Géol. de France,* 2e série, t. XII, 1854-1855, p. 770). — Voir aussi E. Hébert, *Histoire géologique du canal de la Manche* (*Comptes rendus,* t. XC, 1880, p. 1322).

en 1855 [1]. Cette opinion reçut bientôt, au moins pour le Lutétien inférieur, la confirmation des faits. A la suite des observations d'Élie de Beaumont [2] et de d'Archiac [3], M. Gosselet [4] montra, en effet, que le quaternaire des hautes vallées de la Somme, de l'Escaut, de l'Oise et de la Sambre, depuis le Noyonnais jusqu'en Belgique, renferme des grès métamorphisés à *Nummulites lævigata*, auxquels des contours subanguleux donnent le caractère d'un dépôt remanié sur place.

» L'existence d'une semblable communication à l'époque yprésienne, quelque vraisemblable qu'elle pût paraître, restait cependant hypothétique, aucun dépôt de cet âge n'ayant été reconnu, jusqu'ici, entre les formations yprésiennes les plus septentrionales du Bassin de Paris (Laonnais, Noyonnais) et les formations yprésiennes les plus méridionales du Bassin de la Belgique (Pévèle, Hainaut).

» Au nombre des principaux gisements de *grès à Nummulites* du nord de la France, se trouve celui du Bois-Mirand, à Prémont (Aisne).

» Les grès de ce gisement offrent une composition minéralogique assez uniforme : ils sont formés de gros grains de quartz détritiques, réunis par un ciment siliceux. Ils présentent, toutefois, à ce point de vue, deux variétés :

» Dans l'une, les gros grains de quartz, à contours anguleux, ont des dimensions irrégulières; ils atteignent parfois $1^{mm},3$ de diamètre. La pâte, formée de très petits cristaux de quartz, est assez abondante.

---

(1) Dans la Carte de la *France à l'époque du Cerithium giganteum* qu'Élie de Beaumont a donnée dès 1833 [L. Élie de Beaumont, *Observations sur l'étendue du système tertiaire inférieur dans le nord de la France et sur les dépôts de lignite qui s'y trouvent* (*Mém. Soc. Géol. de France*, t. I, 1833, p. 107, *Pl. VII, fig.* 5)], une communication directe entre les Bassins parisien et belge est déjà indiquée; mais on doit reconnaître que l'existence de celle-ci n'est guère établie que sur des données relatives aux *Sables de Bracheux*. Ces derniers forment bien, comme l'a établi Élie de Beaumont, des *outliers* que l'on peut suivre du nord du Bassin de Paris jusque dans la Flandre, et qui doivent être considérés comme les témoins d'une assise primitivement continue.

(2) L. Élie de Beaumont, *Mém. Soc. Géol. de France*, t. I, p. 113.

(3) D'Archiac, *Description géologique du département de l'Aisne* (*Mém. Soc. Géol. de France*, t. V, 2e partie, 1843, p. 180).

(4) J. Gosselet, *Constitution géologique du Cambrésis* (*Mém. Soc. d'émulation de Cambrai*, t. XXVIII, 2e partie, 1865, p. 69). — Voir aussi J. Gosselet, *De l'extension des couches à* Nummulites lævigata *dans le nord de la France* (*Bull. Soc. Géol. de France*, 3e série, t. II, 1873-1874, p. 51, *Pl. III*).

» Dans l'autre, les grains de quartz sont plus petits et mieux calibrés; ils mesurent rarement plus de $0^{mm},5$ de diamètre. La pâte est moins développée.

» Dans les deux cas, la roche est souvent imprégnée de limonite, qui tapisse les cavités laissées par les fossiles dissous.

» Au point de vue paléontologique, les *grès à Nummulites* du Bois-Mirand se répartissent aussi en deux groupes :

» Les éléments du premier groupe, de beaucoup les plus nombreux, sont caractérisés par *Nummulites lævigata*, ou renferment, à l'état de moules internes et externes, les fossiles qui, sous la même forme, constituent, presque à eux seuls, dans le nord du Bassin de Paris, le *banc Saint-Jacques*, directement superposé à la *pierre à liards* (lumachelle de *Nummulites lævigata*). Ils se confondent avec les éléments de la première variété distinguée plus haut au point de vue pétrographique.

» Les éléments du second groupe, qui sont aussi ceux de la seconde variété établie précédemment, sont les plus intéressants; ils contiennent, en grande abondance, *Nummulites planulata*, forme macrosphérique (= *Nummulites elegans*), *Nummulites planulata*, forme microsphérique, et *Alveolina oblongua*. Ces fossiles sont parfois silicifiés; dans d'autres cas, leur test a été dissous et, si leurs loges n'ont pas été préalablement remplies par de la silice, ils ne sont plus indiqués que par des cavités lenticulaires ou alvéolaires. Leur accumulation, dans les roches du Bois-Mirand, donne à celles-ci l'aspect des lumachelles gréseuses que l'on rencontre dans les *Sables de Cuises* et dans les *Sables de Mons-en-Pévèle*, et qui sont presque exclusivement formées par les mêmes Nummulites.

» Si l'on tient compte de la position géographique du Bois-Mirand, à proximité du prolongement de l'axe de l'Artois, et à mi-distance entre les dépôts yprésiens les plus septentrionaux du Bassin de Paris et les dépôts correspondants les plus méridionaux du Bassin de la Belgique, l'existence d'une communication directe entre ces deux Bassins est matériellement démontrée par le gisement que je viens de signaler. »

MINÉRALOGIE. — *Sur des Euphotides à chloritoïde, trouvées dans l'erratique des environs de Genève*. Note de MM. **L. Duparc** et **L. Loup**, présentée par M. Fouqué.

« Dans le terrain erratique des environs de Genève, nous avons trouvé certaines euphotides, provenant sans doute des Alpes valaisannes, qui nous ont paru intéressantes, par suite de la présence constante du chloritoïde parmi leurs éléments constitutifs.

» Ces roches qui, macroscopiquement, présentent des aspects divers, sont généralement saussuritisées, de couleur grisâtre, avec développement

de plages de smaragdite d'un beau vert. Elles paraissent souvent assez riches en un élément micacé; certains échantillons offrent une structure légèrement schisteuse par dynamo-métamorphisme.

» Au point de vue minéralogique, à côté du chloritoïde, on y rencontre les minéraux suivants :

» Des pyroxènes ouralitisés, de la hornblende vert sombre très polychroïque, du mica blanc, du grenat, de l'actinote, de la zoïsite, de la zoïsite-épidote, du clinochlore, du talc et de la pyrite. Tout élément feldspathique a complètement disparu.

» La structure la plus communément observée est la suivante : les minéraux précités, réunis en plages, ou en individus isolés, sont disséminés irrégulièrement dans une masse composée de petites lamelles d'un minéral talqueux ou micacé, incolore, et très biréfringent, d'éléments argileux, de grains de zoïsite et parfois de lamelles de clinochlore. Dans certains cas, les éléments de cette masse deviennent plus largement cristallisés; les lamelles micacées plus grandes forment par leur enchevêtrement une sorte de tissu dans lequel des grains de zoïsite sont distribués irrégulièrement ou accumulés sur certains points.

» Le chloritoïde se présente d'ordinaire en cristaux d'assez grande taille, profondément corrodés sur leur pourtour et simulant parfois des formes véritablement squelettiques, analogues à celles du quartz de certaines pegmatites. Il peut être très abondant, d'autres fois plus rare, et ne se présente jamais sous forme de rosettes, mais par contre en individus simples, quelquefois mâclés selon $p = (001)$. Les lamelles hémitropes sont plutôt larges, le minéral ne renferme habituellement pas d'inclusions, à l'exception cependant de grains de grenat. Le relief est fort; les extinctions rapportées à la trace du clivage ou de la mâcle se font sous des angles assez différents. Dans certains cas, sur la section $n_g n_p$, l'extinction de la vibration négative se fait rigoureusement à 0°; dans d'autres, elle monte jusqu'à 12°. Il existe donc certaines variétés dont les propriétés optiques concordent avec celles données par MM. Michel Lévy et Lacroix, et d'autres qui se rapprochent de celles indiquées par l'un de nous [1] dans un travail précédent.

» La bissectrice aiguë est positive, le plan des axes est parallèle à l'allongement; l'angle des axes optiques, toujours petit, ne dépasse pas 48°. Les trois biréfringences principales, mesurées directement, ont donné $n_g - n_p = 0,015$; $n_g - n_m = 0,010$; $n_m - n_p = 0,002$.

» Certains spécimens sont complètement incolores; d'autres, par contre, sont colorés d'une teinte verte, avec polychroïsme sensible qui se fait de la façon suivante : $n_g =$ vert pâle ou incolore, $n_p =$ vert bleuâtre, $n_m =$ vert.

» La manière dont le chloritoïde se présente dans la roche est assez variée : souvent les cristaux corrodés de ce minéral sont entourés d'une véritable auréole de grandes lamelles de mica blanc, orientées optiquement d'une façon différente; ces cristaux auréolés sont distribués irrégulièrement dans la masse formée elle-même par l'asso-

---

(1) L. Duparc et L. Mrazec, *Sur un schiste à chloritoïde des Carpathes* (*Comptes rendus*, t. CXVI, 1893, p. 601-603.

ciation de mica blanc et de zoïsite. D'autres fois, dans les variétés très largement cristallisées, cette masse, composée alors de grandes lamelles de muscovite accompagnées de hornblende, pénètre comme telle dans les anfractuosités du contour des cristaux déchiquetés du chloritoïde, lesquels ressemblent dans ce cas à des phénocristaux corrodés d'un porphyre, disséminés dans une masse principale entièrement cristallisée. D'autres fois encore, les cristaux de chloritoïde toujours corrodés, mais dépourvus de leur auréole de mica, sont alors distribués dans ladite masse qui polarise à la façon des agrégats, mais qui reste toujours formée des mêmes minéraux constitutifs. »

GÉOLOGIE. — *Sur les laccolites du flanc nord de la chaîne du Caucase.* Note de Mlle **Véra Dervis**, présentée par M. Fouqué.

« Les laccolites des environs de Piatigorsk ont été signalés depuis fort longtemps déjà et visités par plusieurs géologues; cependant ils n'ont jamais fait l'objet d'une monographie détaillée. A l'instigation de M. le professeur Duparc, j'ai entrepris cette étude : la présente Note est une communication préliminaire des premiers résultats des recherches géologiques et pétrographiques que j'ai effectuées sur les dix-sept laccolites de la région. Ceux-ci forment, dans la steppe qui borde immédiatement le flanc nord du Caucase, une série de dômes isolés, aux formes souvent très régulières, qui communiquent au paysage un aspect tout particulier.

» La structure géologique de ces laccolites est assez variable. Chez quelques-uns d'entre eux, la roche éruptive n'apparaît point à la surface du sol, mais reste en profondeur sous les calcaires sénoniens et les assises tertiaires soulevées par elle. Ces dernières forment souvent la presque totalité de la surface du laccolite, et les calcaires sénoniens n'apparaissent que sur les parties plus fortement érodées. Chez d'autres laccolites au contraire, la roche éruptive est à nu et perce sur certains points plus fortement dénudés, soit au milieu des calcaires sénoniens, soit au milieu des couches tertiaires; dans les deux cas il y a métamorphisme évident. D'autres fois encore toute la couverture sédimentaire soulevée a presque totalement disparu, et la roche éruptive compacte forme un môle unique, ou plusieurs petits môles contigus, selon que le laccolite initial était unique, ou au contraire formé de plusieurs petits laccolites voisins tous également décapés par l'érosion.

» En général, les assises crétacées ou tertiaires s'appuient sur la roche éruptive et ont subi en quelque sorte une espèce de redressement conique autour d'un axe; dans certains cas cependant elles paraissent manifestement renversées et plongent alors contre cet axe de soulèvement.

» Au point de vue génétique, la formation de ces divers laccolites peut s'expliquer par les processus suivants :

» 1° Soulèvement simultané du Crétacé et du Tertiaire par la roche éruptive, consolidée sous le Crétacé qui seul est métamorphosé;

» 2° Soulèvement des roches tertiaires seules, le Crétacé s'étant probablement fracturé, et la roche éruptive montée par la fracture s'étant simplement extravasée entre le Crétacé resté horizontal, et le tertiaire soulevé par elle.

» 3° Soulèvement d'abord concordant des assises crétacées et tertiaires, puis rupture des couches crétacées avec rebroussement de celles-ci sur les lèvres de la fracture par laquelle la roche éruptive a continué son ascension, pour s'infiltrer ensuite entre le Crétacé et le Tertiaire, ce dernier se trouvant de la sorte soulevé une seconde fois indépendamment du Crétacé.

» Les roches éruptives trouvées dans ces divers laccolites présentent plusieurs variétés qui paraissent se rattacher aux groupes des trachytes et des rhyolithes. Bien que les analyses ne soient point encore faites, il est néanmoins vraisemblable que ces roches dérivent d'un même magma dont la consolidation a été influencée par la variété des conditions réalisées dans la formation de ces différents laccolites. Nous distinguons les principaux types suivants :

» *Premier type.* — Phénocristaux : biotite brune très abondante et très polychroïque, toujours corrodée. Pyroxène incolore du groupe diopside-augite plus rare, apatite plus abondante. Pâte microlitique, formée par de l'orthose en microlites courts, un peu de quartz, et quelques grains d'hématite.

» *Deuxième type.* — Phénocristaux : orthose déformé, quelques rares oligoclases, peu de biotite et très peu de quartz. Pâte formée principalement par des microlites d'orthose avec un peu de mica noir et d'hématite.

» *Troisième type.* — Phénocristaux : orthose très abondant en grands cristaux terminés, oligoclase plus rare, mica noir peu abondant, parfois un pyroxène rare aussi. Pâte microgranulitique à grains polyédriques d'orthose et de quartz. Certaines variétés sont franchement globulaires, les globules y sont de grande dimension.

» *Quatrième type.* — Phénocristaux : quartz bipyramidé, corrodé, de grande taille; orthose et plagioclase abondants, un peu de magnétite. Pâte microgranulitique ou globulaire, formée de quartz et d'orthose, ce dernier en grains et aussi en microlites accompagnés également de microlites d'oligoclase.

» Les contacts de ces roches éruptives avec les calcaires, les grès et les marnes sont très différents. Dans les calcaires toujours marmorisés il se développe le plus habituellement du grenat en petits cristaux jaunes, dispersés parmi les grains de calcite. Les grès quartzeux ne paraissent pas subir de changement, mais dans leur voisinage la roche éruptive renferme fréquemment des petites plages détritiques non résorbées. Les marnes restent également très peu influencées au contact immédiat, cependant elles prennent un aspect tacheté; les taches sont formées par la concentration locale d'un minéral micacé en très petites lamelles associées à des éléments argileux. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur une gravure du Mas-d'Azil.* Note de M. **Édouard Piette**, présentée par M. Albert Gaudry.

« J'ai découvert dans la grotte du Mas-d'Azil la représentation d'un être probablement imaginaire, ayant une attitude humaine, gravée au silex sur une rondelle détachée d'une omoplate, à l'âge glyptique. Je l'ai recueillie dans l'assise des gravures à contours découpés. L'être figuré a un museau, le menton en retrait, le crâne aplati supérieurement. L'occiput ne fait pas saillie au-dessus du cou. Le bras est trop court, par suite d'une faute de dessin. Les reins ne sont pas cambrés. Il n'y a ni fesses ni mollets. Ces caractères sont simiens, mais les pieds, d'ailleurs négligemment dessinés, ne sont pas des organes de préhension et paraissent propres à la marche verticale. L'attitude est humaine. Notre sujet tient un bâton et paraît danser devant un ours dont, par suite d'une ancienne fracture, on ne voit que la patte. Il est vrai qu'on peut soutenir qu'il ne danse pas, mais qu'il lutte avec cet animal.

» Cette figure composite ne représente pas, sans doute, un être vivant; elle est probablement due à l'imagination et à la fantaisie de l'artiste. Il convient d'ajouter que les graveurs des temps glyptiques figuraient ordinairement des symboles sur les rondelles. Sur la face opposée de la rondelle, on voit un homme monté sur un animal dont la tête n'est pas reconnaissable.

» L'échantillon est au Musée de Saint-Germain, auquel j'ai donné ma collection d'objets préhistoriques. »

M. **Ch. Puisségur** adresse un « Essai sur la théorie de l'aérostat ».

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

A 4 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de préparer une liste de candidats pour la place d'Académicien libre, vacante par le décès de M. *Damour*, présente la liste suivante :

En première ligne . . . . M. Léon Labbé.
En deuxième ligne . . . . M. Tannery.
En troisième ligne, par ordre alphabétique. . . . . MM. J. Carpentier. Gréhant.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 5 janvier 1903.
(Suite.)

Annales de Chimie et de Physique, par MM. Berthelot, Mascart, Moissan; 7e série, t. XXVIII, janvier 1903. Paris, Masson et Cie, Gauthier-Villars, 1903; 1 fasc. in-8°.

Journal de Pharmacie et de Chimie. Rédacteur principal : M. Riche. 94e année, 7e série, t. XVII, n° 1, janvier 1903. Paris, Octave Doin; 1 fasc. in-8°.

Le Progrès médical; 32e année, 3e série, t. XVII, n° 1, 3 janvier 1903. Paris; 1 fasc. in-4°.

La Lancette française, gazette des hôpitaux civils et militaires, paraissant le mardi, le jeudi et le samedi; 76e année, n° 1, 1er et 3 janvier 1903. Paris; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société des Agriculteurs de France, paraissant deux fois par mois; 35e année, nouvelle série, 1er janvier 1903. Paris, 1 fasc. in-8°.

Journal d'Agriculture pratique, moniteur des comices, des propriétaires et des fermiers. Rédacteur en chef : L. Grandeau. 67e année, nouvelle série, t. V, n° 1, 1er janvier 1903. Paris; 1 fasc. in-8°.

Revue scientifique, paraissant le samedi; 4e série, t. XIX, n° 1 (1er semestre), janvier 1903. Paris; 1 fasc. in-4°.

La Nature, revue des Sciences et de leurs applications aux Arts et à l'Industrie, journal hebdomadaire illustré. Directeur : HENRI DE PARVILLE. 31e année, n° 1545, 3 janvier 1903. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Le Magasin pittoresque, couronné par l'Académie française. Directeur : ÉMILE FOUQUET. 71e année, n° 1, 1er janvier 1903. Paris; 1 fasc. in-4°.

Moniteur industriel, économique, commercial, financier. Directeur : JULES DE MEEUS. 31e année, n° 1, 3 janvier 1903. Paris, Bruxelles; 1 fasc. in-4°.

Annalen der Physik, herausgegeb. v. PAUL DRUDE; Folge 4, Bd. 10, Heft 1, 1903. Leipzig, Johann-Ambrosius Barth; 1 fasc. in-8°.

Biochemisches Centralblatt, herausgeg. v. CARL OPPENHEIMER; Bd. I, n° 1, Dezember 1902. Berlin, Borntraeger frères; 1 fasc. in-8°.

Wiener klinische Wochenschrift, Organ der k. k. Gesellschaft der Aerzte in Wien; Jahrgang XVI, n° 1, 1 januar 1903. Vienne, Wilhelm Braumüller; 1 fasc. in-4°.

Wiener Luftschiffer-Zeitung, herausgeg. v. VICTOR SILBERER : Jahrgang II, num. 1, jänner 1903. Vienne; 1 fasc. in-4°.

Pharmaceutical Journal, a weekly record of pharmacy and allied sciences; series 4, n° 1697, january 3, 1903. Londres; 1 fasc. in-8°.

The geographical Journal, including the Proceedings of the Royal geographical Society; vol. XXI, n° 1, january 1903. Londres; 1 fasc. in-8°.

Memoirs and proceedings of the Manchester litterary and philosophical Society, 1902-1903; vol. 47, part 1. Manchester, 1 fasc. in-8°.

Proceedings of the Royal Irish Academy; vol. VI, n° 4; vol. XXIV : Section A, part 1; Section B, parts 1, 2; Section C, part 1. Dublin, 1902; 1 vol. et 4 fasc. in-8°.

The Transactions of the Royal Irish Academy; vol. XXXII : Section A, parts 3, 4, 5; Section B, part 1. Dublin, 1902; 4 fasc. in-4°.

Ueber den wahrscheinlichsten Werth der Verbreitungsgeschwindigkeit der Störungen im Aether nach den bisherigen Bestimmungen, v. BORIS WEINBERG; Theil I. Odessa, 1903; 1 vol. in-8°.

Monographs of the U. S. geological Survey, CHARLES-D. WALCOTT, Director; vol. XLI. Washington, 1902; 1 vol. in-4°.

